



# **Università degli Studi di Padova**

**CORSO DI LAUREA IN FISIOTERAPIA**  
**PRESIDENTE: *Ch.mo Prof. Raffaele De Caro***

**TESI DI LAUREA**

**MALATTIA DI PARKINSON E FISIOTERAPIA:  
L'UTILIZZO DELLA SMART BALANCE MASTER PER  
IL TRATTAMENTO DEI DISTURBI DELL'EQUILIBRIO.  
UNO STUDIO SPERIMENTALE.**

*Parkinson's disease and physiotherapy: a sperimental study.*

*SMART Balance Master application for balance disorders treatment.*

**RELATRICE: Dott.ssa Mag. Ft. Tiziana Risso**

**Correlatrice: Dott.ssa Ft. Silvia Zangarini**

**Dott.ssa Mag. Ft Simonetta Rossi**

**LAUREANDA: Laura Midenà**

**Anno Accademico 2015-2016**

*Ai miei nonni Bruna, Giuseppe e Mario*

## **INDICE**

### **RIASSUNTO**

### **ABSTRACT**

### **INTRODUZIONE** p. 1

## **CAPITOLO 1: LA MALATTIA DI PARKINSON**

- 1.1 Definizione e caratteristiche principali della MdP p. 3
- 1.2 Parkinsonismi degenerativi atipici p. 5
- 1.3 Deformità posturali nella MdP p. 6

## **CAPITOLO 2: IL CONTROLLO POSTURALE**

- 2.1 Il sistema tonico posturale p. 8
- 2.2 Le strategie posturali p. 9
- 2.3 Controllo multisensoriale della postura p. 10
  - 2.3.1 Il sistema vestibolare p. 11
  - 2.3.2 Il sistema visivo p. 11
  - 2.3.3 Il sistema somatosensoriale e la sua componente propriocettiva p. 11
- 2.4 Organizzazione sensitiva e strategie motorie p. 12
  - 2.4.1 Strategia di caviglia p. 14
  - 2.4.2 Strategia di anca p. 15
  - 2.4.3 Strategia del passo p. 16

## **CAPITOLO 3: L'INSTABILITA' POSTURALE NEL SOGGETTO PARKINSONIANO**

- 3.1 Controllo posturale nella MdP: un problema propriocettivo? p. 17
  - 3.1.1 Propriocezione e i Gangli della Base p. 18
- 3.2 Alterazione propriocettiva e orientamento posturale p. 20

## **CAPITOLO 4: APPRENDIMENTO MOTORIO NEL SOGGETTO PARKINSONIANO**

- 4.1 Ricerca di protocolli di trattamento innovativi p. 23
- 4.2 SMART Balance Master p. 27

## **CAPITOLO 5: MATERIALI E METODI**

- 5.1 Scopo della tesi p. 29
- 5.2 Il campione dello studio p. 30
- 5.3 Criteri di inclusione e di esclusione p. 31
- 5.4 Strumenti di verifica p. 33
  - 5.4.1 SOT, LOS e RWS p. 33
  - 5.4.2 Scale di valutazione p. 34

5.5 Sperimentazione	p. 36
---------------------	-------

## **CAPITOLO 6: ANALISI DEI DATI**

6.1 Valutazione motoria	p. 40
6.2 Valutazione della paura di cadere	p. 42
6.3 Analisi applicata all'indagine	p. 44

<b>DISCUSSIONE</b>	p. 54
--------------------	-------

<b>CONCLUSIONI</b>	p. 57
--------------------	-------

## **BIBLIOGRAFIA**

## **RIASSUNTO**

I disturbi dell'equilibrio rappresentano uno dei principali problemi motori per le persone affette da Malattia di Parkinson (MdP). Sulla base di questa premessa e delle caratteristiche fisiopatologiche dell'instabilità posturale è stato svolto un lavoro, il cui scopo è di verificare l'efficacia di un trattamento riabilitativo mirato all'equilibrio, che preveda l'applicazione della SMART Balance Master (SBM) rispetto all'approccio fisioterapico classico.

I primi tre capitoli costituiscono un excursus sul background dal quale questo studio nasce: il Parkinson e le deformità posturali intrinseche alla progressione della malattia stessa; il sistema di controllo posturale fisiologico e l'alterata stabilità posturale considerata da un punto di vista propriocettivo.

Il capitolo 4 tratta della difficoltà di apprendimento motorio di questi pazienti e introduce la SMART Balance Master come strumento sia di valutazione sia di trattamento per i disturbi dell'equilibrio.

Il capitolo 5 rappresenta il cardine della tesi, vi sono esposti: lo scopo dello studio, i criteri di selezione del campione, il trattamento (metodiche adottate, numero sedute), i sistemi e le scale di valutazione validate per le competenze motorie e la FES-I per quantificare la preoccupazione nella paura di cadere di ciascun singolo.

Nel capitolo 6 sono illustrati i dati ricavati dalle valutazioni mediante i principali sistemi della SBM (SOT, LOS e RWS) e dalle scale somministrate a inizio e fine trattamento; successivamente elaborati e riportati in grafici per rendere più esplicita e immediata la comprensione.

I risultati sono stati discussi prima considerando l'intero campione e poi mettendo a confronto i due gruppi di trattamento, riportando alcune considerazioni in relazione a alle iniziali aspettative.

Non è stato raggiunto un risultato eclatante per il trattamento mediante SBM; tuttavia, in entrambi i gruppi più della metà dei pazienti raggiunge una performance motoria normale laddove risultava patologico alla Balance. E' emerso che per la paura di cadere il trattamento fisioterapico risulta più efficace, mentre la SBM ha maggiore efficacia nel migliorare l'equilibrio statico e un trend nelle scale BBS e MiniBEST.

I limiti dello studio consistono nell'esiguità del campione, la ridotta standardizzazione del trattamento, l'assenza di un follow-up e l'incertezza diagnostica per alcuni soggetti emersa a studio concluso. Le presenti limitazioni non ci consentono attualmente di definire migliore un trattamento rispetto all'altro, possano tuttavia essere un buon punto di partenza per un eventuale studio pilota futuro.

## ABSTRACT

The balance disorders represent a major motor problems for people suffering from Parkinson's disease (PD). Based on this premise and pathophysiological characteristics of postural instability was carried out a work, which aim is test the effectiveness of a rehabilitation treatment finalized at equilibrium, which provides for the application of SMART Balance Master (SBM) instead of classical physiotherapy.

The first three chapters explain an overview on the background from which this study arises: Parkinson's disease and postural deformity intrinsic to the progression of the disease itself; the physiological postural control system and impaired postural stability considered by a proprioceptive perspective. Chapter 4 deals with the motor learning difficulties of these patients and introduces the SMART Balance Master as an instrument of assessment or treatment for balance disorders.

Chapter 5 is the cornerstone of the thesis, there are exposed: the purpose of the study, the criterions of the selection sample, the treatment (adopted methods, sessions number), the evaluation systems and rating scales validated for motor skills and FES-I to quantify the concern in fear of falling of each individual.

Chapter 6 shows the data obtained from evaluations are illustrated by the major systems of the SBM (SOT, LOS and RWS) and the rating scale administered at the beginning and end of the treatment; then processed and presented in graphs to make an explicit and immediate understanding.

The results were discussed before considering the entire sample and then comparing the two treatment groups, bringing some considerations in relation to the initial expectations.

It hasn't reached an extraordinary result for the treatment by SBM; nevertheless, in both groups, more than half of patients reach a normal motor performance where pathological appeared to Balance. It showed that for the fear of fall, the physiotherapy treatment is more effective, while the SBM has greater efficacy in improving static balance and on the evaluation scales (BBS and MiniBEST).

Study limitations consist in exiguity of the sample, the low standardization of the treatment, the absence of a follow-up and diagnostic uncertainty for some individuals emerged at the conclusion of the study. Currently, these limitations do not allow us to define better treatment than the other, however, they can be a good starting point for a future pilot study.

## INTRODUZIONE

L'instabilità posturale è uno dei segni cardine nella Malattia di Parkinson: la sua manifestazione può presentarsi anche al momento della diagnosi, ma prevale e peggiora con la progressione della patologia. Qualora sia un elemento evidente all'inizio del decorso della malattia, suggerisce la possibilità di un quadro di parkinsonismo atipico degenerativo.

Rappresenta uno dei sintomi più disabilitanti specialmente negli stadi avanzati, poiché è associata con l'incremento delle cadute e la perdita di indipendenza<sup>1</sup> con importanti ripercussioni sulla qualità della vita e sui costi sanitari assistenziali.

Il parkinsoniano che cade sviluppa, infatti, una paura che può essere paralizzante e perciò tenderà a muoversi il meno possibile e a ridurre la mobilità al minimo con sentimenti di angoscia, insicurezza e conseguente isolamento sociale.

“L'unico contributo concreto, al momento, è la realizzazione di protocolli riabilitativi che rieduchino il paziente ad un diverso controllo dell'equilibrio attraverso l'utilizzo di strumenti che allenano appunto la postura e l'equilibrio”, afferma G. Abbruzzese, Direttore della Clinica Neurologica 2 del Dipartimento D.I.N.O.G.M.I. Dell'Università di Genova e Presidente LIMPE.<sup>2</sup>

*“Adesso ho una diagnosi di Parkinson di grado moderato-severo: molto spesso mi blocco, ho difficoltà a camminare e il mio equilibrio è estremamente precario. Tuttavia ho ancora la fortuna di avere dei periodi positivi di “sblocco”, in cui posso addirittura riprendere a camminare normalmente per brevi ma elettrizzanti momenti. È come se vivessi un miracolo ogni singolo giorno della mia vita. Anche se non posso più camminare riesco ancora ad andare in bicicletta: stare in equilibrio sulla bici sembra essere molto più facile rispetto a camminare o stare in piedi.”*

*Pierre, Parigi, Francia<sup>3</sup>*

La poca responsività di questi disturbi sia al trattamento farmacologico sia alle metodiche fisioterapiche cosiddette tradizionali ha favorito lo sviluppo di nuovi protocolli sperimentali e di nuove strumentazioni abbinate al trattamento riabilitativo utili per il contenimento di questa problematica, considerata altamente invalidante. Da queste premesse si è sviluppato il mio progetto, con l'obiettivo principale di verificare se un approccio riabilitativo mediante SMART Balance Master mirato ai disturbi

---

<sup>1</sup> Kim S. D. et al. (2013), “Postural instability in Patients with Parkinson's Disease. Epidemiology, Pathophysiology and Management”, Review Article, CSN Drugs 27: 97-112.

<sup>2</sup> “Postura, equilibrio e rischio di caduta: intervenire per non lasciarsi fermare dalla paura.”. Giornata Parkinson 2012. Conoscere ci avvicina, DISMOV-SIN e LIMPE.

<sup>3</sup> “Vivere con il Parkinson”, EPDA. Disponibile all'indirizzo on-line: [www.epda.eu.com](http://www.epda.eu.com)

dell'equilibrio possa avere degli effetti benefici sulla stabilità posturale da parte del paziente.

In questi ultimi decenni, al trattamento medico-chirurgico si è andato ad affiancare in maniera crescente il trattamento riabilitativo all'interno di un approccio multidisciplinare, fondamentale nella gestione di questi pazienti, visto come parte essenziale nella cura della Malattia di Parkinson, in particolare per i sintomi definitivi "farmaco-resistenti", come l'instabilità posturale. Lo sviluppo degli approcci riabilitativi innovativi è stato largamente favorito anche dalla crescita della tecnologia in campo biomedico.<sup>4</sup>

Considerata la scarsa responsività all'approccio farmacologico, e partendo dal presupposto che l'instabilità posturale nel soggetto parkinsoniano sia principalmente dovuta ad una alterazione propriocettiva, si è deciso di utilizzare la SBM non solo per la valutazione complessiva dei sistemi di controllo dell'equilibrio principalmente alterati, ma di utilizzarla come strumento di trattamento. Premettendo che l'impiego di tale strumentazione sia per le rispettive valutazioni, iniziale e finale, e il trattamento stesso, potesse recare un apprendimento da uso, sono state adottate una serie di scale di valutazione motoria per avere un ulteriore riscontro di efficacia o meno. Inoltre, è stata utilizzata la scala Fall Efficacy Scale-International per approfondire la preoccupazione che i soggetti presentano nello svolgere determinate azioni, le quali potrebbero indurre ad eventuale rischio di caduta; pertanto, indirettamente possiamo ottenere una valutazione relativa della qualità di vita percepita da ciascun paziente.

Ulteriore quesito che ci si pone è se questo strumento possa essere eventualmente integrato con un approccio riabilitativo tradizionale al fine di rendere più esaustivo il trattamento.

Il nucleo di questo progetto rimane il segno dell'instabilità posturale come problema principale da contenere, e far sì che non interferisca nelle attività di vita quotidiana di questi pazienti. Attraverso questo studio ci si auspica di fornire un approccio riabilitativo, eventualmente integrativo, nel trattamento di una problematica molto invalidante, e di rendere più efficace la gestione di una patologia così complessa, quale è la Malattia di Parkinson.

---

<sup>4</sup> Pelosin E. (2011), "Nuovi approcci ai disturbi assiali", Relazioni corsi XXXVIII Congresso nazionale LIMPE.



## CAPITOLO 1

### LA MALATTIA DI PARKINSON

#### 1.1 Definizione e principali caratteristiche della MdP

La Malattia di Parkinson è una patologia neurodegenerativa primaria del sistema extrapiramidale, ad evoluzione lenta e progressiva, che coinvolge principalmente funzioni, quali il controllo dei movimenti e dell'equilibrio.

Descritta per la prima volta nel 1817 dal medico inglese Sir James Parkinson, appartiene ad un gruppo di patologie definite “Disordini del Movimento”, e tra queste è la più frequente.

L'età media di esordio è tra i 50-60 anni, con un picco di insorgenza tra i 70-75 anni, tuttavia esistono alcune forme giovanili con esordio tra i 21 e 40 anni.<sup>5</sup>

Le stime indicano una prevalenza pari a circa 250 casi per 100.000 abitanti<sup>6</sup> e un'incidenza di 10-18 persone per 100.000 all'anno, la quale sembra essere più elevata nel sesso maschile, con indicazioni di differenze etniche. E' stato calcolato che nel 2030 il numero di persone affette aumenterà più del 50%.<sup>7</sup>

L'eziopatogenesi è attualmente sconosciuta, ma considerevoli prove ne individuano un'origine multifattoriale, che coinvolge fattori genetici (presenza di mutazioni a livello di geni classificati da PARK-1 a PARK-8) e ambientali (esposizioni lavorative).<sup>8</sup> Il fumo di sigaretta sembra essere un fattore protettivo.

Le strutture coinvolte nella malattia di Parkinson si trovano in aree profonde del cervello, note come gangli della base (nuclei caudato, putamen e pallido), che partecipano alla corretta esecuzione dei movimenti.<sup>9</sup> La malattia consegue principalmente alla deplezione delle proiezioni dopaminergiche al nucleo striato come risultato della massima degenerazione (oltre il 60% all'esordio dei sintomi) dei neuroni della Pars Compacta (Snpc) della Substanza Nigra con conseguente denervazione

---

<sup>5</sup> “La Malattia di Parkinson”. Disponibile on-line all'indirizzo: <http://www.parkinson.it/morbo-di-parkinson.html>.

<sup>6</sup> Pelosin E (2011), “Nuovi approcci ai disturbi assiali”, Relazioni corsi XXXVIII Congresso nazionale LIMPE.

<sup>7</sup> Lorraine V Kalia, Anthony E Lang, (2015) “Parkinson's disease”, Lancet 2015; 386: 896-912.

<sup>8</sup> Linee Guida, “Introduzione ai quesiti diagnostici”, Diagnosi e terapia della Malattia di Parkinson, Revisione dell'agosto 2013, pag. 24-27.

<sup>9</sup> “La Malattia di Parkinson”. Disponibile on-line all'indirizzo: <http://www.parkinson.it/morbo-di-parkinson.html>.

striatale.<sup>10</sup> Queste alterazioni neurotrasmettitoriali si ripercuotono sulla funzionalità dei nuclei della base.<sup>11</sup>

La durata della fase preclinica (periodo di tempo che intercorre tra l'inizio della degenerazione neuronale e l'esordio dei sintomi motori) non è nota, ma alcuni studi la datano intorno a 5 anni.<sup>12</sup>

I sintomi si manifestano gradualmente in modo asimmetrico coinvolgendo all'inizio spesso le estremità di un solo lato.

Il decorso cronico progressivo della malattia è tipicamente caratterizzato principalmente da quattro *sintomi motori* cardinali: tremore a riposo, bradicinesia, rigidità e instabilità posturale.<sup>13</sup>

Il *tremore a riposo* è spesso un sintomo d'esordio, presente durante l'inattività muscolare e scompare durante l'azione volontaria e il sonno. E' costituito da oscillazioni ritmiche, regolari, a bassa frequenza (4-6 Hz), coinvolge prevalentemente le dita della mano, con un gesto caratteristico di pollice ed indice in opposizione che viene definito come “contar monete” o “far pillole”.<sup>14</sup> Alcuni pazienti riferiscono una sensazione di “tremore interno” in assenza di manifestazioni clinicamente rilevabili.

La *bradicinesia* indica la caratteristica lentezza nei movimenti: vi è un'alterazione della pianificazione e dell'esecuzione dei movimenti volontari, fino ad interferire con la deambulazione ed i passaggi posturali.<sup>15</sup> Mentre l'acinesia è una difficoltà ad iniziare i movimenti spontanei.<sup>16</sup>

La *rigidità muscolare* è un incremento involontario del tono dei muscoli, percepita come un'aumentata resistenza alla mobilitazione passiva delle articolazioni sia prossimali sia distali nel loro range di movimento completo. Assume spesso un carattere “a ruota dentata”, facendo percepire una sensazione di breve e regolare interruzione del movimento durante la mobilitazione passiva; si caratterizza qualitativamente come “rigidità plastica”.

---

<sup>10</sup> Linee Guida, “Introduzione ai quesiti diagnostici”, Diagnosi e terapia della Malattia di Parkinson, Revisione dell'agosto 2013, pag. 24-27.

<sup>11</sup> Zibetti M. (2011), “Malattia di Parkinson e parkinsonismi”. In Mutani e Lopiano L., (2011), “Il Bergamini di neurologia”, edizioni libreria cortina, Torino, pag. 531-547.

<sup>12</sup> “La Malattia di Parkinson”. Disponibile on-line all'indirizzo: <http://www.parkinson.it/morbo-di-parkinson.html>.

<sup>13</sup> (2015) “Understanding Parkinson's”. Disponibile on-line all'indirizzo: [http://www.pdf.org/en/Understanding\\_pd](http://www.pdf.org/en/Understanding_pd).

<sup>14</sup> Pazzaglia P. (2008), “Le malattie del sistema extrapiramidale e altri disturbi del movimento”, Clinica neurologica, Società editrice Esculapio, capitolo 21, pag. 407-411.

<sup>15</sup> Zibetti M. (2011), “Malattia di Parkinson e parkinsonismi”. In Mutani R. e Lopiano L., (2011), “Il Bergamini di neurologia”, edizioni libreria cortina, Torino, pag. 531-547.

<sup>16</sup> “La Malattia di Parkinson”. Disponibile on-line all'indirizzo: <http://www.parkinson.it/morbo-di-parkinson.html>.

L'*instabilità posturale* è un disordine particolarmente invalidante, in cui la perdita di indipendenza motoria segna un momento significativo di insorgenza della patologia, e i deficit di controllo motorio automatico, l'integrazione sensoriale e l'attenzione sono associati con la perdita dell'equilibrio.<sup>17</sup>

Nella fase intermedia, sorgono problemi di equilibrio, alterazioni della postura (atteggiamento in flessione di tronco, antecollo, camptocormia e Pisa sindrome) e del cammino (riduzione del pendolarismo degli arti superiori, festinazione, freezing) con un aumentato rischio di caduta.<sup>18</sup>

Nella fase avanzata, si manifestano fenomeni motori distinti in movimenti involontari o discinesie e fluttuazioni motorie.<sup>19</sup>

E' presente, inoltre, un ampio corredo di *sintomi non motori*, quali disordini neuropsichiatrici (apatia, depressione, ansia), sintomi disautonomici (disturbi vescicali, della salivazione, ipotensione ortostatica, seborrea) e alterazione della sensibilità e del dolore.<sup>20</sup>

## **1.2 Parkinsonismi degenerativi atipici**

Il termine *Parkinsonismo degenerativo atipico* si riferisce a condizioni in cui oltre ai sintomi motori parkinsoniani vi sono altre manifestazioni, configurando un quadro clinico di maggiore gravità e complessità, con un'evoluzione della sintomatologia più rapida. Queste forme comprendono la demenza con corpi di Lewy diffusi (DLBD), l'atrofia multisistemica (MSA), la paralisi sopranucleare progressiva (PSP) e la degenerazione corticobasale (CBD),<sup>21</sup> le quali condividono con la malattia di Parkinson idiopatico la degenerazione del circuito nigrostriatale.<sup>22</sup>

Il sintomo d'esordio è spesso l'instabilità posturale, associata alle manifestazioni caratteristiche di queste forme, che sono le fluttuazioni dello stato cognitivo (allucinazioni e depressione), afasia, agnosia, discinesie a carico della muscolatura oro-facciale e cervicale, spasticità, disartria di tipo pseudo-bulbare, alterazioni della motilità

---

<sup>17</sup> Capato T. T. et al (2015), "Randomized controlled trial protocol: balance training with rhythmical cues to improve and maintain balance control in Parkinson's disease", BMC Neurology 15:162.

<sup>18</sup> Royal Dutch Society for Physical Therapy (2004), "Parkinson's disease", KNGF Guidelines, vol. 114.

<sup>19</sup> "La Malattia di Parkinson". Disponibile on-line all'indirizzo: <http://www.parkinson.it/morbo-di-parkinson.html>

<sup>20</sup> Linee Guida, "Introduzione ai quesiti diagnostici", Diagnosi e terapia della Malattia di Parkinson, Revisione dell'agosto 2013, pag. 24-27.

<sup>21</sup> Zibetti M. (2011), "Malattia di Parkinson e parkinsonismi". In Mutani R e Lopiano L., (2011), "Il Bergamini di neurologia", edizioni libreria cortina, Torino, pag. 531.547.

<sup>22</sup> Linee Guida, "Introduzione ai quesiti diagnostici", Diagnosi e terapia della Malattia di Parkinson, Revisione dell'agosto 2013, pag. 24-27.

oculare, fenomeni di distonia, aprassia e demenza. La diagnosi di Parkinson è eminentemente clinica e allo stato attuale basata sulla identificazione di segni e sintomi caratteristici della patologia, correlati al deficit dopaminergico conseguente alla degenerazione nigrostriatale. Le forme di parkinsonismo condividendo i segni motori, rendendo difficoltosa la diagnosi differenziale, soprattutto all'esordio, portando ad una modificazione della stessa nel corso dell'evoluzione progressiva della patologia.

Ai segni motori cardinali viene aggiunto il criterio di responsività alla levodopa, un requisito necessario per la diagnosi, ma non esclusivo, in quanto inizialmente riscontrabile anche nei parkinsonismi degenerativi atipici.

La progressiva evoluzione di tecniche diagnostiche di imaging strutturale e funzionale ha sollevato una ampia discussione sulla utilità e validità di tali tecniche nell'orientamento diagnostico e soprattutto nella diagnosi differenziale della MdP.<sup>23</sup> La TC e la RM dell'encefalo non documentano reperti specifici; mentre le metodiche di neuroimaging funzionale (PET, SPECT, fMRI, Scintigrafia miocardica con I-MIBG) non sempre consentono una diagnosi differenziale indiscussa, poichè possono dare falsi negativi nei casi di Malattia di Parkinson in fase iniziale. La diagnosi definitiva richiede la conferma autoptica tramite esame istopatologico, non può, quindi, essere definita inequivocabile soltanto sulla base degli aspetti clinici e delle indagini strumentali.

### **1.3 I disordini posturali nella Malattia di Parkinson<sup>24 25 26 27 28</sup>**

Le deformità posturali sono una frequente e disabilitante complicanza della malattia di Parkinson e dei parkinsonismi atipici, che generalmente si sviluppano in fase tardiva, manifestandosi con coinvolgimento specifico della muscolatura assiale. I disordini posturali colpiscono le due componenti principali del controllo posturale: l'orientamento e la stabilizzazione.

Tra queste gravi alterazioni posturali, l'*atteggiamento in flessione*, già descritto da J. Parkinson (1817), come una postura curva con moderata flessione del tronco e delle

---

<sup>23</sup> Linee Guida, "Introduzione ai quesiti diagnostici", Diagnosi e terapia della Malattia di Parkinson, Revisione dell'agosto 2013, pag. 24-27.

<sup>24</sup> Doherty K. Et al. (2011), "Postural deformities in Parkinson's disease", Lancet neurology, vol 10, pag. 538-49.

<sup>25</sup> Pelosin E. (2011), "Nuovi approcci ai disturbi assiali", Relazioni corsi XXXVIII Congresso nazionale LIMPE.

<sup>26</sup> Karen M Doherty et al., (2013), "Pisa syndrome in Parkinson's disease: a mobile or fixed deformity?", Movement disorders, 84: 1400-1403.

<sup>27</sup> Okada Y., Shibata T. (2014), "Rehabilitation for postural deformities in Parkinson's disease: an update and novel findings", Journal of novel physiotherapist, vol. 4:233.

<sup>28</sup> Benatru I. et al. (2008), "Postural disorders in Parkinson's disease", ScienceDirect, Clinical Neurophysiology 38, 459-465.

ginocchia, con gli arti superiori semiflessi e addotti ed il capo chino in avanti, è certamente quella che maggiormente caratterizza i pazienti affetti dalla malattia di Parkinson.

Le altre deformità posturali includono la camptocormia, l'antecollo e la Pisa sindrome.

La *camptocormia* è caratterizzata da un'abnorme postura del tronco con una marcata flessione, almeno 45°, di tutto il tratto toraco-lombare della colonna vertebrale, che si associa spesso ad un quadro scoliotico e di dolore cronico. Questo fenomeno ha come caratteristica quello di risolversi quando il paziente giace supino, e di manifestarsi in stazione eretta e durante il cammino.

L'*antecollo* è definito come una "caduta" anteriore della testa e del collo, il quale solo recentemente è stato riconosciuto come disordine del soggetto parkinsoniano. In alcuni pazienti può diventare una deformità fissa.

La *Pisa sindrome* è caratterizzata da un'eccessiva inclinazione laterale del tronco e del collo, maggiore a 10°, che si manifesta soprattutto in stazione eretta o seduta, tipicamente mobile; viene considerata una forma di distonia atipica rara che si manifesta come conseguenza della terapia neurolettica.

La sottostante patofisiologia multifattoriale è largamente sconosciuta e il loro trattamento rimane di difficile gestione, poiché sono accomunati dalla poca responsività alla terapia farmacologica.

I probabili meccanismi coinvolti nelle deformità posturali sono distonia, rigidità, farmaci, cambiamenti degenerativi sia della colonna vertebrale sia a livello tissutale e il deficit di integrazione propriocettiva.

Per quanto riguarda la componente di stabilizzazione, l'alterazione principale è l'instabilità posturale, provocata maggiormente dalla perturbazione dei riflessi posturali, e potenzialmente responsabile della perdita di autonomia nei soggetti parkinsoniani.

## CAPITOLO 2

### IL CONTROLLO POSTURALE<sup>29 30 31 32</sup>

#### 2.1 Il sistema tonico posturale

La *postura* è la posizione istantanea assunta dal corpo nello spazio con funzione antigравitaria e la relazione tra i suoi segmenti è il risultato di una serie d'interazioni polisensoriali che hanno lo scopo di mantenere l'equilibrio antigравitario nel modo più stabile ed economico, oltre che permettere al corpo di orientarsi verso l'obiettivo prefissato.

L'*equilibrio* è fornito da un complesso controllo motorio che coinvolge la scoperta e l'integrazione di informazioni sensoriali che valutano la posizione e il movimento del corpo nello spazio nella realizzazione di appropriate risposte muscoloscheletriche per controllare la posizione del corpo nel contesto ambientale e del compito da svolgere.

La *stabilità posturale* è il processo dinamico con cui la posizione del corpo è mantenuta in equilibrio. Il corpo può essere in equilibrio a riposo (equilibrio statico) o in condizioni di movimento uniforme (equilibrio dinamico).

La *percezione* della posizione e del movimento di un corpo nello spazio ha bisogno di una combinazione di informazioni dai recettori periferici di molteplici sistemi sensoriali che includono i sistemi visivo, somatosensoriale e vestibolare.

Il *sistema tonico posturale* (STP) è responsabile delle correzioni toniche che consentono di controbilanciare attivamente la forza di gravità e di stare in piedi: si tratta delle oscillazioni che il corpo in ortostasi compie intorno al proprio centro di gravità istantanea per recuperare e contenere il disequilibrio a cui è sottoposto regolarmente. Il STP è un sistema complesso, caratterizzato da numerose variabili che interagiscono fra loro e costituiscono una struttura composita, le cui principali finalità sono: provvedere al mantenimento della stabilità, produrre adeguate anticipazioni posturali e predisporre conformi risposte motorie coordinate e coerenti con l'obiettivo. Quando il baricentro

---

<sup>29</sup> Kisner C., Colby L. A. (2014), "Esercizi per l'equilibrio", "Esercizio terapeutico. Fondamenti e tecniche.", Piccin, III edizione italiana, Padova, pag. 296-328.

<sup>30</sup> Francesconi K., Gandini G. (2015), "Sistema tonico posturale", "L'intelligenza nel movimento. Percezione, proprioccezione, controllo posturale.", Edi-ermes, Milano, pag. 105-160.

<sup>31</sup> Abbruzzese G. et al., "La cura delle sindromi extrapiramidali. Linee Guida Inglesi nella Riabilitazione del Morbo di Parkinson", CLEUP Editrice, Padova.

<sup>32</sup> Niamh A. et al. (2014), "Successful balance training is associated with improved multisensory function in fall-prone older adults", Computers in Human Behavior, 192-203.

sovrasta il punto di vincolo, il corpo è in condizione instabile ed è soggetto a micromovimenti continui atti a mantenere il proprio bilanciamento posturale simili a quelli di un pendolo inverso; nella stazione eretta si tratta della condizione di normalità. L'economia e il comfort che si ottengono attraverso la corretta neutralità delle forze inter-segmentarie, sono l'obiettivo primario nella gestione dell'equilibrio posturale. I micro-aggiustamenti posturali sono condizionati dalla geometria delle superfici articolari e dall'allineamento segmentario, inoltre sono indotti dall'azione vincolante delle forze muscolari, consentendo al soggetto di essere pronto all'azione.

Il controllo posturale richiede il reciproco inseguimento dei seguenti punti: il centro di massa o baricentro corporeo (CoM) e il centro di pressione plantare sul suolo (CoP). L'obiettivo primario è di contrastare la forza di gravità, gestire il centro di massa nella base di appoggio, allineare i segmenti corporei senza compensi e reagire alle forze esterne. L'obiettivo secondario è orientare il corpo verso l'obiettivo motorio e muoversi stabilizzando alcune parti del corpo con il minimo dispendio energetico. Gli elementi necessari al mantenimento del controllo posturale sono: i sistemi sensoriali in grado di registrare l'allontanamento dalla posizione di equilibrio e di monitorare la strategia di intervento messa in atto dal Sistema Nervoso Centrale; la contrazione tonica (tono posturale) della muscolatura antigravitaria necessaria a neutralizzare gli effetti della forza di gravità; la correzione continua delle deviazioni corporee dalla posizione desiderata tramite i riflessi posturali, i quali, grazie all'integrazione multisensoriale delle afferenze, si integrano determinando risposte complesse definite reazioni posturali; il controllo dell'equilibrio per neutralizzare gli effetti destabilizzanti sia delle forze prodotte dai movimenti volontari dei segmenti corporei sia quelli delle forze esterne, allo scopo di recuperare l'allineamento posturale e la stabilizzazione delle parti del corpo che danno punto fisso al movimento di altri distretti.

## **2.2 Le strategie posturali**

Le strategie posturali sono risposte complesse di tipo integrato volte a stabilizzare la posizione del corpo nello spazio ed evitare che il centro di gravità esca dalla base di appoggio; sono fondamentali per stabilizzare l'orientamento posturale e possono variare in rapporto alle circostanze, all'obiettivo, alle condizioni di partenza. Esse devono intervenire per gestire le forze destabilizzanti: la forza di gravità, le forze esterne-interne e le forze agenti sulla base d'appoggio. Si riscontrano due tipi di strategie:

- *reattiva*, quando viene prodotta una risposta posturale a una perturbazione imprevista, la quale dipende da meccanismi di controllo a feedback;
- *anticipatoria*, quando la risposta è il risultato della previsione di come la perturbazione destabilizzerà il sistema. Le strategie anticipatorie dipendono da meccanismi di controllo feedforward e sono correlate alla capacità del Sistema Nervoso Centrale di prevedere con grande precisione l'effetto del movimento nello spazio e dello stesso sui vari distretti corporei.

La stabilità, durante i movimenti complessi, coinvolge entrambi i tipi di strategie. Le risposte funzionali sono il risultato delle esperienze motorie, e per reagire efficacemente è importante allenare il sistema a raccogliere informazioni predittive corrette. In ogni gesto si osserva l'intervento una componente posturale sottocorticale (involontaria) e una componente corticale (volontaria).

Il sistema tonico posturale per il mantenimento del controllo posturale richiede una complessa interazione tra sistema motorio e sensoriale, le cui informazioni provengono da molteplici entrate: i modulatori principali sono il sistema visivo (10%), propriocettivo (70%) e vestibolare (20%). La stazione eretta prevalentemente dipende dalla elaborazione somatosensoriale o dal senso di movimento del corpo e dall'orientamento spaziale, come condizione essenziale<sup>33</sup>. Il variare di uno dei suoi elementi implica il riadattamento del sistema nel suo insieme.

### **2.3 Controllo multisensoriale della postura**

L'abilità di mantenere l'equilibrio e il controllo posturale è il risultato dell'integrazione multisensoriale, dipende dalla efficiente elaborazione delle informazioni codificate provenienti dalle diverse modalità sensoriali. Il sistema vestibolare, visivo, somatosensoriale, in particolare quello propriocettivo, cooperano per fornire coordinate informazioni sensomotorie relative: alla rappresentazione reale del mondo esterno, alla posizione del corpo e dei suoi segmenti nell'ambiente, al corretto svolgimento dei compiti motori, alla deviazione dalla posizione assunta e all'anticipazione e al ripristino del controllo posturale mediante i riflessi posturali.<sup>34</sup>

---

<sup>33</sup> Bekkers E. M. J. Et al. (2014), "The contribution of proprioceptive information to postural control in elderly and patients with Parkinson's disease with a history of falls", Human Neuroscience, vol. 8, 939.

<sup>34</sup> Niamh A. et al. (2014), "Successful balance training is associated with improved multisensory function in fall-prone older adults", Computers in Human Behavior, 192-203.



### **2.3.1 Il sistema vestibolare**

Il sistema vestibolare è parte integrante del sistema senso motorio ed è di necessario supporto al sistema tonico posturale, gioca un ruolo cruciale nel mantenimento dell'equilibrio e del controllo posturale. Mantiene aggiornata l'informazione relativa alla componente gravitazionale, permette la stabilizzazione del campo visivo durante i movimenti, inoltre fornisce informazioni sulla posizione e il movimento della testa riguardo alla gravità e alle forze di inerzia, tuttavia da solo non è sufficiente per fornire informazioni sulla posizione del corpo. Utilizza vie motorie che originano dai nuclei vestibolari per il controllo posturale e la coordinazione dei movimenti dell'occhio e della testa. Il riflesso vestibolo-spinale provoca cambi posturali per compensare le inclinazioni e i movimenti del corpo attraverso le proiezioni del tratto vestibolo-spinale ai muscoli antigravitari a tutti i livelli del midollo spinale. Il riflesso vestibolo-oculare stabilizza la visione durante i movimenti della testa e del corpo attraverso proiezioni dei nuclei vestibolari ai nuclei che stimolano i muscoli oculari. E' il meccanismo più tardivo poiché possiede la soglia di attivazione più elevata, la sua maggiore latenza consente l'intervento congiunto del sistema visivo e di quello propriocettivo, che sono in grado di gestire i continui aggiustamenti del sistema tonico posturale con risposte più precise e immediate.

### **2.3.2 Il sistema visivo**

Il sistema visivo è un sistema di puntamento che consente al soggetto di ancorarsi nello spazio a punti fissi di riferimento ed è basato sulle informazioni propriocettive. Quando il capo oscilla entro determinati limiti, i micro-spostamenti delle immagini ambientali proiettate sulla retina inducono il STP ad un aggiustamento posturale utile a ristabilire la centratura focale, con l'obiettivo di stabilizzare il corpo. Se le oscillazioni sono ampie e veloci, il sistema visivo non è in grado di individuare nello spazio dei punti di ancoraggio cui riferirsi per ripristinare il controllo.

### **2.3.3 Il sistema somatosensoriale e la sua componente propriocettiva**

Il sistema somatosensitivo fornisce informazioni sulla posizione, sul movimento delle relative parti del corpo tra loro e della base di appoggio. I propriocettori muscolari, che comprendono i fusi neuromuscolari e gli organi tendinei del Golgi, i recettori articolari e i meccanocettori della cute sono gli stimoli dominanti per mantenere l'equilibrio quando la superficie di sostegno è ferma, piatta e fissa. Mentre quando il corpo è in piedi su una

superficie in movimento o non orizzontale, gli stimoli sulla posizione del corpo rispetto alla superficie non sono sufficienti a mantenere l'equilibrio, perciò una persona deve contare su altri stimoli sensitivi per mantenere l'equilibrio in queste condizioni.

Le informazioni provenienti dai recettori articolari non contribuiscono molto alla sensazione consapevole della posizione dell'articolazione: il senso della posizione sembra essere fornito soprattutto dai recettori dei fusi neuromuscolari, mentre il ruolo primario dei recettori articolari è di assistere il sistema motorio, regolandone il tono muscolare e la rigidità, per provvedere all'adattamento posturale anticipatorio e per neutralizzare le eventuali perturbazioni posturali inaspettate.

Per Sherrington la propriocezione è “l'insieme dei segnali nervosi che si originano durante il movimento dei muscoli stessi” grazie alla presenza dei recettori specifici, quali i fusi neuromuscolari e gli organi tendinei del Golgi. Si tratta di un flusso di informazioni indispensabile non solo a tenere il cervello aggiornato su ciò che accade in periferia, ma necessario a mantenere attivo l'intero sistema motorio inclusi muscoli, ossa e articolazioni. Il sistema propriocettivo è direttamente coinvolto nella risposta effettrice, anche modula finemente le reazioni muscolari deputate al controllo della postura e del gesto.

Alcuni Autori<sup>35</sup> ritengono che il “controllo propriocettivo giochi un ruolo primario e condizionante come stabilizzatore posturale”, poiché la sua inefficienza riduce anche l'azione di compenso del sistema visivo e limita le risposte d'emergenza del sistema vestibolare. La dipendenza visiva nel controllo della postura potrebbe essere sintomatica di una regressione propriocettiva. In conclusione è possibile affermare che la propriocezione è la capacità del sistema nervoso di percepire a livello sia cosciente sia incosciente, istante per istante, la posizione nello spazio dei singoli distretti muscolo-scheletrici e di elaborare, comandare e coordinare, in risposta agli stimoli ambientali e personali, l'adeguato tono posturale come l'esecuzione di movimenti funzionali e precisi.

## **2.4 Organizzazione sensitiva e strategie motorie**

Gli stimoli vestibolari, visivi o somatosensitivi interagiscono di continuo per produrre il nostro senso di orientamento e di movimento. L'informazione sensitiva in arrivo è integrata ed elaborata nel cervelletto, nei gangli della base e nell'area motoria supplementare. L'informazione somatosensoriale ha il tempo di elaborazione più veloce

---

<sup>35</sup> Barbieri G. et al (2008), “Does proprioception contribute to the sense of verticality?”, Exp Brain Res; 185(4): 545-52.

per le risposte rapide, che seguono stimoli visivi e vestibolari. Quando gli stimoli sensitivi provenienti da un sistema non sono precisi a causa delle condizioni ambientali o a causa di lesioni che diminuiscono il ritmo di elaborazione dell'informazione, il Sistema Nervoso Centrale deve sopprimere gli stimoli inesatti e selezionare e combinare gli stimoli sensitivi appropriati che provengono dagli altri due sistemi. Questo processo adattivo è chiamato organizzazione sensitiva. La maggior parte degli individui sani riesce a compensare adeguatamente se uno dei sistemi è compromesso, utilizzando i rimanenti integri: questo concetto di compensazione è spesso alla base di programmi di trattamento riabilitativo nel caso di instabilità posturale; tuttavia i soggetti parkinsoniani, sebbene suppliscano al precario equilibrio con la vista, la compensazione non risulta efficace, mantenendosi così soggetti ad elevato rischio di caduta. I compiti funzionali richiedono diversi tipi di controllo dell'equilibrio che includono: il controllo dell'equilibrio statico, atto a mantenere una posizione antigravitaria stabile; il controllo dell'equilibrio dinamico, finalizzato a stabilizzare il corpo quando la base di appoggio è in movimento; i riflessi posturali automatici, volti a mantenere l'equilibrio in risposta a perturbazioni esterne inaspettate.

Il *controllo motorio aperto* è utilizzato in quei movimenti, che avvengono troppo rapidamente per poter contare sul feedback sensitivo, oppure negli aspetti anticipatori del controllo posturale.

Il *controllo anticipatorio* coinvolge l'attivazione della muscolatura posturale prima che si compia un determinato movimento.

Il *controllo motorio chiuso* viene utilizzato nei movimenti di precisione che richiedono un feedback sensitivo.

Per mantenere l'equilibrio, il corpo deve continuamente regolare la sua posizione nello spazio per mantenere il centro di massa sopra la base di appoggio o per riportarlo in quella posizione dopo una perturbazione. Sono tre le principali strategie primarie di movimento descritte per recuperare l'equilibrio in risposta a perturbazioni improvvise della superficie di appoggio, chiamate strategie della caviglia, dell'anca e del passo. I fattori che determinano quale strategia corregge più efficacemente un disturbo dell'equilibrio sono: velocità ed intensità delle forze in gioco, caratteristiche della superficie di sostegno, ampiezza dello spostamento del centro di massa, consapevolezza del soggetto della perturbazione, postura del soggetto durante la perturbazione e precedenti esperienze del soggetto.

I risultati di ricerche<sup>36</sup> che hanno esaminato le forme di attività muscolare che stanno alla base di queste strategie di movimento, suggeriscono che le sinergie pre-programmate dei muscoli includono l'unità fondamentale di movimento usata per ristabilire l'equilibrio. Una sinergia è un accoppiamento funzionale di gruppi muscolari, in modo che agiscano insieme come un'unità; questa organizzazione semplifica molto il controllo richiesto dal SNC, il quale usa tre sistemi di movimento per riacquistare l'equilibrio dopo che il corpo viene perturbato: i sistemi riflesso, automatico e volontario.

I *riflessi di stiramento* mediati dal midollo spinale costituiscono la prima risposta alle perturbazioni esterne. Essi hanno le latenze più brevi (<70 ms), sono indipendenti dalle richieste del compito e producono contrazioni muscolari stereotipate, in risposta a stimoli sensoriali.

Le *risposte volontarie* hanno le latenze più lunghe (>150 ms), sono indipendenti dai parametri del compito da svolgere e producono risposte motorie molto variabili.

Le *risposte posturali automatiche* hanno latenze intermedie (da 80 a 120 ms) e sono le prime risposte che prevengono efficacemente le cadute. Producono movimenti veloci che non variano tra gli individui, ma richiedono la coordinazione delle risposte tra le diverse regioni del corpo e sono modificabili secondo le richieste del compito.

I sistemi di movimento riflesso, automatico e volontario interagiscono per garantire che le risposte si accordino con lo stimolo posturale. Il corpo tende a essere controllato in senso disto-prossimale poiché è più efficace guidare e frenare un'oscillazione nello svincolo d'origine piuttosto che controllare i suoi effetti quando si sono manifestati distalmente. Le strategie per il controllo posturale di cui si avvale il corpo nella stazione eretta sono la strategia di caviglia, la strategia di anca e la strategia del passo.

#### **2.4.1 Strategia di caviglia**

La strategia di caviglia permette di compensare e recuperare perturbazioni minime dell'equilibrio o sbilanciamenti moderati ma lenti, poiché il momento d'inerzia del corpo sulle caviglie è rilevante. Durante le piccole perturbazioni a piccola velocità su una superficie ampia e stabile, i movimenti della caviglia agiscono per riportare il centro di massa in una posizione stabile. Per piccole perturbazioni esterne, che causano una perdita di equilibrio in direzione anteriore (spostamenti all'indietro della piattaforma), l'attivazione muscolare procede in una sequenza da distale a prossimale. In risposta

---

<sup>36</sup> Kisner C., Colby L. A. (2014), "Esercizi per l'equilibrio", "Esercizio terapeutico. Fondamenti e tecniche.", Piccin, III edizione italiana, Padova, pag. 296-328.

all'instabilità verso l'indietro, l'attività muscolare inizia nel muscolo tibiale anteriore, seguita dai muscoli quadricipiti e addominali. La modulazione dei muscoli flessori plantari e dei dorsiflessori della caviglia controlla direttamente il CoP (centro di pressione). Può avvenire in tutte le direzioni dello spazio. E' controllata dal sistema somatosensoriale, in particolare da quello propriocettivo. La strategia di movimento utilizzata per controllare le perturbazioni medio-laterali coinvolge lo spostamento del peso del corpo lateralmente da una gamba all'altra. Le anche sono i punti chiave per il controllo della strategia dello spostamento del peso. Esse muovono il centro di massa in un piano laterale principalmente attraverso l'attivazione degli abductori e adduttori dell'anca, con alcuni contributi dai muscoli inversori ed eversori di caviglia.

La strategia della sospensione si osserva nel mantenimento dell'equilibrio, quando un soggetto abbassa velocemente il suo centro di massa del corpo flettendo le ginocchia, causando una flessione associata delle caviglie e delle anche. Questa strategia si può combinare con la strategia della caviglia o dello spostamento di peso per migliorare l'efficacia di un movimento di equilibrio.

#### **2.4.2 La strategia di anca**

La strategia d'anca necessita un impegno muscolare minore, meccanismi coordinativi poli-segmentari e la capacità di sincronizzare movimenti articolari complessi; è gestita dal sistema vestibolare. Questa strategia permette di riequilibrare sia le perturbazioni rapide sia quelle di ampiezza moderata. Inoltre, è primaria quando la superficie di appoggio è ristretta e cedevole, quando i piedi non possono percepire i limiti di stabilità o recuperare l'equilibrio con la sola strategia di caviglia. Per rapide e/o ampie perturbazioni esterne o per movimenti eseguiti con il baricentro ai limiti della stabilità, si utilizza la strategia dell'anca. La strategia dell'anca consiste nell'uso di rapidi movimenti flessori ed estensori dell'anca per spostare il centro di massa all'interno della base di appoggio. L'attività muscolare associata alla strategia dell'anca è stata studiata ponendo una persona in piedi, trasversalmente su un piano stretto, e muovendo improvvisamente la superficie di supporto all'indietro (la persona oscilla in avanti), o in avanti (la persona oscilla all'indietro). In risposta alle oscillazioni in avanti del corpo, i muscoli sono tipicamente attivati in una sequenza da prossimale a distale: inizialmente si attivano gli addominali poi immediatamente seguiti dai quadricipiti. L'oscillazione del corpo all'indietro causa per prima cosa l'attivazione dei muscoli paravertebrali seguita da quella dei muscoli posteriori della coscia.

### **2.4.3 La strategia del passo**

E' utile per gestire squilibri importanti e bruschi, quando ormai le altre strategie sono ritenute inutili o il baricentro ha già oltrepassato la base di appoggio. Il soggetto per evitare la caduta fa un passo nella direzione dello sbilanciamento e recupera il controllo del CoM. Se una grande forza sposta il centro di massa oltre i limiti stabilità, si usa un passo in avanti o indietro, per allargare la base di appoggio o per riacquistare il controllo dell'equilibrio. Il passo non coordinato che si genera dopo che si inciampa su un terreno irregolare, è un classico esempio di strategia del passo.

La ricerca ha mostrato che i modelli di risposta del movimento alle perturbazioni posturali sono complessi e variabili: la maggior parte degli individui sani adotta una combinazione di strategie per mantenere l'equilibrio, che dipende dalle richieste per il suo controllo. I vari requisiti per il controllo dell'equilibrio dipendono dal compito e dall'ambiente.

## CAPITOLO 3

### L'INSTABILITA' POSTURALE NEL SOGGETTO PARKINSONIANO

#### 3.1 Controllo posturale nella MdP: un problema propriocettivo?<sup>37 38</sup>

L'alterazione del controllo posturale è una comune conseguenza della Malattia di Parkinson: si definisce come la perdita del controllo dell'equilibrio. Questa disfunzione è una delle principali caratteristiche disabilitanti e comporta una progressiva limitazione della mobilità, un'aumentata disabilità e una ridotta qualità di vita. Inoltre, è la maggiore causa di cadute. Alcuni Autori (Mancini M., Horak F.B., Maetzler W., 2012) hanno dimostrato che questo sintomo si instaura precocemente in seguito all'esordio della patologia, problematica che coinvolge, infatti, circa un terzo dei soggetti entro i primi due anni in seguito alla diagnosi.

L'instabilità posturale colpisce il controllo dell'equilibrio principalmente in quattro domini: l'equilibrio durante lo stato di quiete, gli aggiustamenti posturali reattivi alle perturbazioni esterne, gli aggiustamenti posturali anticipatori e l'equilibrio dinamico.

E' proprio a causa di queste alterazioni, che le persone affette dalla Malattia di Parkinson presentano un elevato rischio di caduta, evento che si verifica approssimativamente nel 50% delle persone affette, di cui circa il 30% riporta lesioni traumatiche.<sup>39</sup>

Le attuali evidenze<sup>40</sup> suggeriscono come questo sintomo motorio sia scarsamente responsivo alla Levodopa. Alcune componenti della disfunzione dell'equilibrio vengono addirittura peggiorate con l'utilizzo della terapia farmacologica.

La patofisiologia dei disordini posturali nei soggetti parkinsoniani è complessa: l'alterazione più significativa del controllo posturale sembra essere dovuta alla perdita dei riflessi posturali, il cui meccanismo non è ancora completamente compreso.

Le deformità posturali, la rigidità assiale, l'ipotensione ortostatica, i cambiamenti sensoriali relativi all'età e la diminuita abilità ad integrare gli stimoli visivi, vestibolari e propriocettivi, contribuiscono alla precaria stabilità di questi pazienti. Più nel dettaglio,

---

<sup>37</sup> Klamroth S. et al. (2016), "Effects of Exercise Therapy on Postural Instability in Parkinson Disease: A Meta-analysis", *Systematic Reviews, JNPT*, Volume 40, January 2016.

<sup>38</sup> Benatru I. et al. (2008), "Postural disorders in Parkinson's disease", *ScienceDirect, Clinical Neurophysiology* 38, 459-465.

<sup>39</sup> Klamroth S. et al. (2016), "Effects of Exercise Therapy on Postural Instability in Parkinson Disease: A Meta-analysis", *Systematic Reviews, JNPT*, Volume 40, January 2016.

<sup>40</sup> Poewe W. (2009), "Clinical measures of progression in Parkinson's disease", *Movement Disorders*; 24(Suppl 2):S671-S676.

il deficit di integrazione propriocettivo ha avanzato un ruolo maggiore nella patofisiologia dei disordini del movimento nella MdP: si ipotizza, infatti, vi sia un collegamento tra l'alterazione della propriocezione e il deficit di controllo posturale.<sup>41</sup> La natura di questa alterazione non è ancora stata esaminata complessivamente, sebbene la tradizionale visione della Malattia di Parkinson come disordini puri del movimento ha subito una trasformazione negli ultimi anni dalle osservazioni che alcuni deficit motori potrebbero essere in parte dovuti a disturbi propriocettivi.<sup>42</sup>

Generalmente, si riteneva, infatti, che l'instabilità posturale fosse dovuta a disturbi di programmazione motoria all'interno dei gangli della base; tuttavia, è emerso da recenti studi<sup>43</sup>, come questi abbiano un importante ruolo, oltre che nel controllo del tono assiale e nelle risposte posturali, anche nell'interpretazione dell'informazione sensoriale. Il controllo motorio non è una funzione motoria isolata, anzi richiede le informazioni sensoriali provenienti dai sistemi visivo, vestibolare e somatosensoriale. Proprio perchè i gangli della base ricoprono un ruolo centrale nell'integrazione dello stato di equilibrio per regolare l'atto motorio adeguatamente all'esperienza sensoriale, tale funzione non viene eseguita correttamente dai soggetti affetti da Malattia di Parkinson.<sup>44</sup>

### **3.1.1 Propriocezione e i Gangli della Base**

Molti neuroni dei gangli della base presentano campi recettivi propriocettivi, i quali indicano come queste strutture esercitano un importante ruolo nell'integrazione sensomotrice e nel meccanismo con cui le informazioni sensoriali vengono elaborate al fine di guidare la pianificazione e l'esecuzione dell'atto motorio.<sup>45</sup> Il processo neurodegenerativo associato alla MdP comporterebbe un'iper-ipoattività neuronale in essi e agirebbe come costante facilitatore o inibitore sulle proprie strutture bersaglio efferenti. L'attività di queste cellule dipende dal fatto che l'informazione sensoriale è connessa al movimento: il nucleo caudato e la sostanza nigra presentano un'ampia percentuale di cellule multisensoriali, le quali ricevono adatti stimoli dai sistemi visivo e

---

<sup>41</sup> Vaugoyeau M. et al. (2011), "Proprioceptive impairment and postural orientation control in Parkinson's disease", *Human Movement Science* 30, 405-414.

<sup>42</sup> Mark G. Carpenter et al. (2011), "Postural control in Parkinson's disease: A proprioceptive problem?", *Experimental Neurology* 227, 26-30.

<sup>43</sup> Abbruzzese G., Berardelli A., (2003), "Sensorimotor integration in movement disorders", *Movement Disorders* 18, 231-240.

<sup>44</sup> Pattamon P. et al. (2015), "Visual deprivation elicits subclinical postural inflexibilities in early Parkinson's disease", *Journal of the Neurological Sciences* 349, 214-219.

<sup>45</sup> Bekkers E. M. J. Et al. (2014), "The contribution of proprioceptive information to postural control in elderly and patients with Parkinson's disease with a history of falls", *Human Neuroscience*, vol. 8, 939.



proprioceettivo, ma la deplezione di dopamina impatta negativamente nel processo di integrazione sensoriale.<sup>46</sup>

I danni ai gangli della base indeboliscono l'elaborazione dell'informazione sensoriale afferente, causando una difficoltà di adattamento dell'informazione sensoriale in risposta ai cambiamenti ambientali e un disturbo degli adattamenti posturali anticipatori e di reazione. Quando la posizione del corpo subisce una perturbazione, i pazienti con Malattia di Parkinson tendono ad avere una ridotta ampiezza dei movimenti rispetto al soggetto sano, dovuta alla co-attivazione dei muscoli in entrambi i lati del corpo.

Le persone che dipendono molto dagli input visivi o dagli stimoli somatosensitivi (dipendenti dal contatto con la superficie) diventano instabili o cadono in quelle condizioni in cui la sensibilità su cui fanno affidamento risulta assente o non accurata.<sup>47</sup>

I gangli della base sono parte integrante di circuiti di connessione con aree corticali. Il modello classico del *loop* corticostriatale enfatizza l'interrelazione tra *neocortex* e striato, principale punto di partenza del flusso di informazioni ai lobi frontali, in particolare a regioni associative premotorie e prefrontali implicate in specifiche funzioni cognitive che regolano apprendimento motorio, programmazione e pianificazione del movimento. La dopamina, con modalità facilitatorie ed inibitorie, modula l'attività correlata a processi motori concorrenti. E' un regolatore chiave dell'adattamento comportamentale a processi anticipatori necessari per la preparazione dell'azione volontaria che consegue all'intenzione, adattando azione, emozione e motivazione.

I pazienti parkinsoniani presentano selettive difficoltà nell'esecuzione di movimenti volontari, soprattutto in caso di azioni sequenziali, bimanuali, costrette nel tempo ed internamente guidate.<sup>48</sup> In accordo a quanto affermato precedentemente, alcuni Autori (Amblard, Cremieux, Marchand e Carblanc,) hanno avanzato di recente l'ipotesi che non solo l'efferenza motoria poteva essere alterata nei soggetti parkinsoniani, ma anche il controllo sensoriale dei programmi motori. Gli stessi Autori, affermata la complessità del sistema di controllo posturale, responsabile dell'adozione e del mantenimento di una determinata postura del corpo, nonostante gli effetti perturbanti della gravità e di altre forze esterne, e l'integrazione di informazioni sensoriali differenti alla base di esso, hanno postulato l'esistenza di un sistema duale composto da una parte relativa all'*orientamento* del corpo rispetto alla gravità e l'altra alla *stabilizzazione*.

---

<sup>46</sup> Konczak J. et al. (2009), "Proprioception and Motor Control in Parkinson's Disease", Journal of Motor Behavior, Vol. 41, n. 6.

<sup>47</sup> Kisner C., Colby L. A. (2014), "Esercizi per l'equilibrio", "Esercizio terapeutico. Fondamenti e tecniche.", Piccin, III edizione italiana, Padova, pag. 296-328.

<sup>48</sup> Linee Guida, "Introduzione ai quesiti della riabilitazione", Diagnosi e terapia della Malattia di Parkinson, Revisione dell'agosto 2013, pag. 158-159.

### 3.2 Alterazione propriocettiva e orientamento posturale

Il controllo posturale, dunque, non è più considerato semplicemente una somma di riflessi statici, ma è una complessa abilità basata sull'interazione di processi dinamici senso-motori.<sup>49</sup>

I due principali obiettivi funzionali del controllo posturale sono l'orientamento e la stabilizzazione.

L'*orientamento posturale* include l'attività di allineamento di tronco e testa rispetto alla forza di gravità, alla superficie di supporto, all'ambiente circostante e ai riferimenti interni.

La *stabilizzazione posturale* comprende la coordinazione delle strategie di movimento per stabilizzare il centro di massa del corpo sia nell'iniziare l'atto motorio sia nel mantenere la stabilità se perturbata da eventi esterni.<sup>50</sup>

Questi due sistemi non operano indipendentemente l'uno dall'altro, ma interagiscono tra loro, fornendo una base stabile per la percezione e l'atto motorio. Nella Malattia di Parkinson vi è un coinvolgimento di entrambe le principali componenti del controllo posturale: orientamento e stabilizzazione.<sup>51</sup>

Vaugoyeau et al. hanno analizzato indipendentemente ambedue le componenti e hanno dimostrato come nei soggetti parkinsoniani il deficit di orientamento posturale sia predominante e si sviluppi precocemente rispetto all'alterazione nella componente di stabilizzazione<sup>52</sup> in relazione all'alterazione propriocettiva. Alla base di queste evidenze, la dipendenza dal sistema visivo, osservato in questi soggetti, viene definito come una strategia compensatoria al deficit di integrazione propriocettiva.<sup>53</sup>

Le informazioni sensoriali provenienti dai sistemi somatosensoriale, vestibolare e visivo sono integrate ed il peso posto su ciascuno di questi stimoli dipende dagli obiettivi del compito motorio e dal contesto ambientale.

Le specifiche strategie selezionate in risposta ai vari stimoli dipendono non solo dalle caratteristiche delle perturbazioni esterne, ma anche dalle aspettative individuali, dagli obiettivi e dalle esperienze precedenti. E' importante considerare le varie strategie che il

---

<sup>49</sup> Horak F.B. (2006), "Postural orientation and equilibrium: what do we need to know about neural control of balance to prevent falls?", *Age and Ageing*; 35-s2.

<sup>50</sup> Horak F.B. (2006), "Postural orientation and equilibrium: what do we need to know about neural control of balance to prevent falls?", *Age and Ageing*; 35-s2.

<sup>51</sup> Vaugoyeau M. et al. (2011), "Proprioceptive impairment and postural orientation control in Parkinson's disease", *Human Movement Science* 30, 405-414.

<sup>52</sup> Benatru I. et al. (2008), "Postural disorders in Parkinson's disease", *ScienceDirect, Clinical Neurophysiology* 38, 459-465.

<sup>53</sup> Vaugoyeau M. et al (2009), "Role of sensory information in the control of postural orientation in Parkinson's disease", *Journal of the Neurological Sciences* 289, 66-68.

Sistema Nervoso Centrale adotta per il mantenimento della postura, per poter capire quali strategie compensatorie vengono utilizzate dai soggetti con alterata gestione della stabilità posturale.

Il sistema posturale, infatti, presenta molte importanti risorse coinvolte nella gestione di esso: le strategie di movimento (reattive, anticipatorie, volontarie), le strategie sensoriali (integrazione sensomotora), i meccanismi di orientamento spaziale (proprioceettivo, vestibolare, visivo), il controllo dinamico e i processi cognitivi (attenzione, apprendimento) e le costrizioni biomeccaniche (gradi di libertà di movimento, la forza e i limiti di stabilità).

L'alterazione di uno, o la combinazione, di queste risorse comporta la manifestazione di instabilità posturale. Gli aggiustamenti posturali anticipatori hanno lo scopo di mantenere la stabilità posturale compensando le forze destabilizzanti che vengono messe in atto prima di un movimento volontario. L'insieme dei processi cognitivi richiesti per il controllo posturale dipendono sia dalla complessità del compito sia dal sistema di controllo motorio intrinseco al soggetto.

Alcuni studi<sup>54</sup> sulla fisiopatologia del controllo posturale hanno rilevato anomalie che possono coinvolgere le informazioni sensoriali provenienti dai sistemi vestibolare, visivo e proprioceettivo e dagli input derivanti dai movimenti volontari programmati. Nel sistema vestibolare, le reazioni di inclinazione risultano alterate, suggerendo una disintegrazione centrale delle reazioni posturali labirintiche; mentre le risposte posturali agli stimoli visivi sono aumentate, ma vi è uno scarso adattamento ad uno stimolo visivo ripetuto. A livello proprioceettivo, vi è una riduzione in ampiezza delle risposte dei riflessi posturali anticipatori negli arti inferiori guidati dagli input proprioceettivi provenienti dall'arto superiore. I deficit proprioceettivi implicati nella compromissione dell'equilibrio comportano una diminuzione della sensazione della posizione articolare associata ad un aumento delle oscillazioni posturali. Non è chiaro se una diminuzione della posizione articolare sia dovuta a cambiamenti dei recettori dell'articolazione o dei recettori muscolari.<sup>55</sup> Le risposte posturali ad un determinato input afferente, normalmente, vengono aggiustate e adattate alle situazioni contestuali che si presentano, mentre nella MdP sembra esserci una difficoltà nel modulare l'ampiezza delle risposte posturali ad un determinato input afferente. La risposta potrebbe essere troppo elevata o

---

<sup>54</sup> Abbruzzese G. et al., "L'instabilità posturale nella Malattia di Parkinson: valutazione e trattamento riabilitativo", "La cura delle sindromi extrapiramidali. Linee Guida Inglesi nella Riabilitazione del Morbo di Parkinson", CLEUP Editrice, Padova.

<sup>55</sup> Kisner C., Colby L. A. (2014), "Esercizi per l'equilibrio", "Esercizio terapeutico. Fondamenti e tecniche.", Piccin, III edizione italiana, Padova, pag. 296-328

troppo ridotta in relazione allo stimolo dato o potrebbe non modificarsi in relazione alle differenti situazioni. Sembra che i gangli della base giochino un ruolo nella determinazione dei diversi circuiti sensorimotori che controllano la postura.

Un deficit aggiuntivo riguarda la difficoltà nello scegliere strategie posturali in relazione a differenti condizioni contestuali: questi pazienti, infatti, presentano pattern di attivazione muscolare stereotipati indipendentemente dalla condizione in cui viene attuata la destabilizzazione; e nello scegliere i programmi motori sebbene non siano alterati. I riflessi di aggiustamento e le reazioni di soprassalto contribuiscono a garantire l'efficienza alla stabilità posturale, prevenendo le cadute. Tali risposte sono controllate dalle vie reticolo-spinali che originano nella formazione reticolare bulbo-pontina. I pazienti parkinsoniani presentano reazioni di soprassalto normali per ampiezza e pattern della risposta, ma di latenza allungata, questo suggerisce un anomalo funzionamento delle vie reticolo-spinali, la cui integrità è fondamentale per la prontezza delle reazioni posturali. Tale rallentamento può essere corretto solo in parte dalla L-dopa.<sup>56</sup>

---

<sup>56</sup> Abbruzzese G. et al., "L'instabilità posturale nella Malattia di Parkinson: valutazione e trattamento riabilitativo", "La cura delle sindromi extrapiramidali. Linee Guida Inglesi nella Riabilitazione del Morbo di Parkinson", CLEUP Editrice, Padova.

## CAPITOLO 4

### APPRENDIMENTO MOTORIO NEI SOGGETTI PARKINSONIANI

#### 4.1 Ricerca di protocolli di trattamento innovativi

I pazienti con la MdP sono inclini a cadere durante le attività quotidiane. Le ricorrenti cadute sono una frequente causa di traumatismi, ripetuti ricoveri ospedalieri e un importante fattore che influenza negativamente la qualità di vita di queste persone. L'elevata incidenza di questa problematica è stata dimostrata in una meta-analisi di studi prospettici, i quali riportano che il 46% dei pazienti all'interno della popolazione di soggetti affetti da MdP ha una o più cadute nell'arco di tempo di tre mesi.<sup>57</sup> Per prevenire le ricorrenti cadute è importante saperne di più riguardo ai sottostanti deficit intrinseci alla patologia.

Recentemente, un buon numero di studi predittivi<sup>58</sup> hanno dimostrato come i deficit di controllo posturale siano potenzialmente determinanti per le ripetute cadute.

Appare evidente che l'approccio alla evoluzione della disabilità del paziente parkinsoniano necessita di un progetto terapeutico multidisciplinare, in cui la riabilitazione assume un ruolo fondamentale. La disabilità del paziente può essere notevolmente peggiorata dall'ambiente e dal contesto in cui l'attività motoria si realizza. Un corretto approccio riabilitativo non deve prescindere, dunque, dalle caratteristiche peculiari che il paziente parkinsoniano possiede: è quindi indispensabile valutare se i sintomi motori siano fortemente dipendenti dal contesto in cui si muove; se egli presenti difficoltà nel selezionare la strategia appropriata per eseguire un determinato compito; se presenti deficit integrativi sensori-motori che ne alterano le funzioni finalizzate psicomotorie; infine se il paziente mostri una compromissione di apprendimento e della memoria procedurale.

La discussione riguardo agli approcci riabilitativi nel trattamento della MdP risulta estremamente problematica. A fronte di una mole di studi scientifici prodotti, non esistono al momento metodiche riabilitative unanimemente accettate e raccomandate in modo consistente, oltre alla aneddotica raccomandazione che l'esercizio fa bene al

---

<sup>57</sup> Vervoort G. et al. (2013), "Which aspects of postural control differentiate between patients with Parkinson's disease with and without freezing of gait?", Hindawi Publishing Corporation, Parkinson's disease, Academic Editor: Leland E. Dibble, Volume 2013, Article ID 971480, 8 pages.

<sup>58</sup> Vervoort G. et al. (2013), "Which aspects of postural control differentiate between patients with Parkinson's disease with and without freezing of gait?", Hindawi Publishing Corporation, Parkinson's disease, Academic Editor: Leland E. Dibble, Volume 2013, Article ID 971480, 8 pages.

paziente parkinsoniano. La fisioterapia è sempre prescritta per la problematica relativa all'instabilità posturale, sebbene non esistano finora linee guida con raccomandazioni graduate in accordo alle evidenze scientifiche.<sup>59</sup>

Per allenare il STP ad anticipare le forze destabilizzanti con le giuste “soluzioni” posturali è opportuno sollecitare il controllo della stabilità su superfici sia stabili sia instabili; l'aggiunta dei movimenti segmentali può incrementare la difficoltà nel controllo anticipatorio. Le strategie posturali sono il risultato dell'esperienza e dell'apprendimento, devono essere funzionali, subordinate ed adattabili al contesto motorio; sono efficaci quando apprese correttamente, trasferibili nelle situazioni più diverse e attivate per via riflessa a supporto dei movimenti volontari. Queste richiedono l'integrità del cervelletto.

Appare evidente come l'anticipazione posturale sia intimamente legata all'apprendimento motorio e all'esperienza; attraverso una progressione adeguata e il passaggio graduale dalle strategie elementari a quelle complesse, è possibile ottenere le risposte posturali migliori.

Le strategie di caviglia, anca e del passo sono allenabili e si affinano imparando a gestire l'instabilità ai limiti funzionali senza utilizzare compensi. Mantenere efficace la strategia di caviglia significa attivare la strategia d'anca solo quando è indispensabile e utilizzare la strategia del passo in presenza di un reale rischio di caduta. A livello preventivo è utile evitare che i compensi si manifestino sui distretti articolari superiori, poiché questo genera momenti articolari, un maggior dispendio energetico e un utilizzo strutturale improprio. Inoltre, alcuni Autori (Barbieri G., Gissot AS, Fouque F, et al., 2008) hanno dimostrato che la sensibilità dei fusi neuromuscolari può essere migliorata, anche in età anziana, con gli esercizi di equilibrio. L'allenamento specifico può portare a un aumento di sensibilità dei fusi neuromuscolari con conseguente miglioramento del controllo posturale complessivo (Mynark RG, Kocaja DM, 2002). Le caratteristiche fisiche e strutturali del mezzo in uso condizionano inevitabilmente l'esercizio.<sup>60</sup>

Le perturbazioni dell'equilibrio possono essere sia interne sia esterne. Entrambi i tipi di perturbazione coinvolgono l'attivazione di sinergie muscolari, ma la risposta, in termini di tempo, è proattiva, vale a dire anticipatoria, per perturbazioni generate internamente e reattiva per perturbazioni generate dall'esterno.

---

<sup>59</sup> Linee Guida, “Introduzione ai quesiti della riabilitazione”, Diagnosi e terapia della Malattia di Parkinson, Revisione dell'agosto 2013, pag. 158-159.

<sup>60</sup> Francesconi K., Gandini G. (2015), “Sistema tonico posturale”, “L'intelligenza nel movimento. Percezione, propriocezione, controllo posturale.”, Edi-ermes, Milano, pag. 105-160.

Gli esperimenti su una piattaforma in movimento hanno fornito molte informazioni sulle strategie motorie e sugli schemi di attivazione muscolare associati, che intervengono quando una persona si trova in piedi su una superficie che inaspettatamente si inclina o si sposta. Con la ripetizione della perturbazione del piano di appoggio, si verifica un adattamento appreso, caratterizzato da una riduzione significativa della risposta reattiva. Nasher ha verificato come la rotazione verso l'alto di una piattaforma provoca inizialmente le contrazioni riflesse dei muscoli gastrocnemi, creando la falsa impressione di caduta in avanti del corpo; con inclinazioni ripetute, la risposta dei gastrocnemi diminuiva ed era completamente assente dopo la quarta ripetizione. In questo modo l'esperienza precedente e il controllo anticipatorio hanno un'influenza importante sulle risposte dell'equilibrio.

La riabilitazione motoria si basa largamente sull'assunzione che l'esercizio ripetuto e l'addestramento possano favorire un miglioramento delle capacità motorie individuali, come un processo di ri-apprendimento di specifiche "abilità" motorie finalizzate a garantire la migliore autonomia possibile.

L'apprendimento motorio si sviluppa attraverso fasi temporali successive e dinamiche che comprendono differenti meccanismi di "memoria": acquisizione, ritenzione consolidamento e automatizzazione. In queste fasi è variamente coinvolta l'attività di circuiti cortico-cerebellari e cortico-striatali per l'acquisizione e il consolidamento, mentre nella fase di automatizzazione lo striato è maggiormente legato all'apprendimento di sequenze motorie e il cervelletto ai compiti di adattamento. Il coinvolgimento dei circuiti cortico-striatali nei meccanismi di "memoria" rende del tutto pertinente il quesito se l'apprendimento motorio sia possibile e normale nei soggetti parkinsoniani. Studi in modelli sperimentali suggeriscono la possibile esistenza di meccanismi rigenerativi mediati dall'esercizio e dall'apprendimento. Inoltre, numerose evidenze documentano l'efficacia della riabilitazione motoria; tuttavia, la breve durata del beneficio, che tende a ridursi o scomparire nel tempo, pone dubbi sull'integrità dei meccanismi di apprendimento nei soggetti con MdP.

La maggior parte degli studi ha analizzato l'apprendimento motorio utilizzando paradigmi di "tempo di reazione seriale" (SRT) in cui i soggetti rispondono il più rapidamente possibile alla presentazione di stimoli visivi in varie posizioni spaziali. Tali protocolli risultano ampiamente condizionati dalle caratteristiche cliniche della popolazione esaminata.

Muslimovic et al. hanno evidenziato uno scadimento dell'apprendimento procedurale solo nei soggetti in fase più avanzata di malattia. Analogamente, Stephan et al. hanno

dimostrato che i pazienti con MdP richiedono più tempo nell'apprendimento e la loro performance è negativamente correlata alla gravità di malattia (presenza di sintomi assiali, stadio di Hoehn-Yahr, dose equivalente di levodopa), indipendentemente dalle capacità cognitive. Inoltre, è stato dimostrato che l'apprendimento "esplicito" è alterato, indipendentemente dal grado di compromissione motoria. Tale alterazione riflette un deficit della "working memory" e si associa funzionalmente a una mancata attivazione dello striato e ad un'attivazione compensatoria del cervelletto. Il difettoso funzionamento dei meccanismi di consolidamento, il quale coinvolge aree sensorimotorie, il cervelletto e il putamen, è responsabile della breve durata dei benefici indotti dalla riabilitazione. Pertanto, l'apprendimento motorio è possibile, ma è caratterizzato da una ridotta efficacia, poiché i malati di MdP sono più lenti ad apprendere, necessitano di un'attivazione neurale più diffusa, risultano deficitari in particolare nell'apprendimento "esplicito" e nella ritenzione del materiale appreso.

La presenza di limitazioni alla capacità di apprendimento dei soggetti parkinsoniani comporta importanti ricadute nella programmazione dell'intervento riabilitativo. E' verosimile, infatti, che i pazienti possano maggiormente beneficiare di protocolli di trattamento innovativi che incentivino la motivazione dei soggetti, si svolgano in un ambito ecologico, siano indirizzati a obiettivi funzionalmente rilevanti, facciano ricorso a modalità di apprendimento "implicito", all'effetto di rinforzo legato all'uso d'informazioni sensoriali, favorendo la ritenzione con frequenti richiami.<sup>61</sup> Inoltre, dal momento che la loro inabilità consiste nel gestire complesse situazioni posturali, come ad esempio il conflitto sensoriale e le condizioni dinamiche, riflettendo l'inadeguata organizzazione sensoriale e l'alterata elaborazione centrale dell'informazione, alcuni Autori<sup>62</sup> ritengono fondamentale indagare un programma riabilitativo in cui i pazienti parkinsoniani vengano esposti a situazioni di conflitto sensoriale.

Alla luce di quanto esposto precedentemente, è stata avanzata un'ipotesi riabilitativa con la SMART Balance Master, la quale potrebbe apparire come uno strumento innovativo di trattamento per i disturbi del controllo posturale tra i soggetti parkinsoniani, poiché è obiettivamente e funzionalmente mirato all'allenamento delle diverse strategie posturali con inerente richiamo ai sistemi vestibolare, visivo e somatosensoriale. Il presente studio si pone l'obiettivo di indagare l'efficacia di una strategia riabilitativa basata sulla manipolazione delle informazioni somatosensoriali per

---

<sup>61</sup> Abbruzzese G., "Apprendimento motorio nella Malattia di Parkinson", Relazioni corsi XXXVIII Congresso nazionale LIMPE.

<sup>62</sup> Bekkers E. M. J. Et al. (2014), "The contribution of proprioceptive information to postural control in elderly and patients with Parkinson's disease with a history of falls", Human Neuroscience, vol. 8, 939



i pazienti affetti da Malattia di Parkinson, partendo dal presupposto che l'alterata informazione propriocettiva è integrata con quelle provenienti dal sistema visivo e vestibolare, e che per tali soggetti la vista rappresenta un meccanismo di compensazione fondamentale per i deficit sensoriali.<sup>63</sup> Attraverso le perturbazioni, indotte sia dalla superficie di supporto sia dalle pareti circostanti, si crea una situazione di conflitto tra le informazioni visive, vestibolari e somatosensoriali che aiutano a sviluppare ed allenare i diversi sistemi sensoriali. Il principio della riabilitazione mediante SBM è favorito dalla sintesi tra questi due elementi: feedback visivo e strumento stesso.

#### **4.2 SMART Balance Master**

La SMART Balance Manager Equitest® (NeuroCom, Clackamas. Oregon, USA), è stato introdotto nel 1986 da Nasher per la valutazione delle integrazioni e delle preferenzialità sensoriali (visive, vestibolari, somatosensoriali), delle corrispondenti strategie posturali e motorie.

Il sistema è costituito da una piattaforma e da una cabina (con un paesaggio sullo sfondo) mobile nei tre piani dello spazio; le oscillazioni indotte alla pedana, al paesaggio o a entrambi gli elementi, perturbano il soggetto che per evitare di cadere deve adeguarsi alle variazioni indotte.

La pedana e la soletta stabilometrica e podobarometrica permettono di registrare: la posizione del soggetto, gli spostamenti della proiezione del centro di gravità durante la stazione eretta, i movimenti del centro di pressione (CoP), la risultante delle forze (verticali e orizzontali) applicate alla superficie d'appoggio (reazione vincolare del suolo). Secondo il terzo principio della dinamica, la forza di gravità scaricandosi a terra produce una reazione uguale e contraria: questa permette la gestione della stabilità.

Le forze misurate e le relative schematizzazioni grafiche sono correlate con il centro di massa (CoM) e di gravità del soggetto (CoG); esse sono l'espressione delle forze stabilizzanti piuttosto che dei movimenti compiuti. Il CoP cambia continuamente poiché la proiezione del centro di massa rimane in un'area molto ristretta della base di appoggio. Il centro di pressione non dipende solo dalla posizione del corpo (la proiezione del centro di massa sulla base d'appoggio) ma anche dalla forza esercitata sulla piattaforma. Tale forza rappresenta sia il peso del corpo sia la reazione muscolare necessaria a mantenere l'equilibrio.

---

<sup>63</sup> Rinalduzzi S. et al. (2015), "Balance Dysfunction in Parkinson's Disease", BioMed Research International, vol. 2015, Review Article 434683.

La stabilità ottimale si ottiene quando il CoP e CoG coincidono. In realtà le oscillazioni fisiologiche del corpo sono incessanti e producono un continuo inseguimento in due punti. Quando CoG è anteriore a CoP si riscontra un'accelerazione in avanti, quando è posteriore si verifica all'indietro. Durante l'oscillazione posturale lo spostamento del CoP anticipa i movimenti del baricentro allo scopo di mantenerlo nella base d'appoggio. La *posturografia* è l'insieme delle rappresentazioni grafiche relative alla postura che avvengono in forma statica e dinamica durante la registrazione temporale del movimento del centro di pressione (CoP) corporeo; questo esame permette di acquisire elementi in grado di rimandare ad aspetti superiori del controllo motorio, quali: la capacità di controllo del soggetto con l'utilizzo di un feedback e la capacità di anticipazione necessaria a compensare il ritardo nel feedback. Il ruolo principale della piattaforma di forza è quello di discriminare il problema posturale, individuare l'origine del disturbo e monitorare l'efficacia della terapia.

## CAPITOLO 5

### MATERIALI E METODI

#### 5.1 Scopo della tesi

La SMART Balance Master non è solo un gold standard nella valutazione dei disturbi dell'equilibrio, ma anche uno strumento chiave per il trattamento di questa problematica in determinate aree, inclusa la Neuroriabilitazione.

Essa, infatti, identifica e quantifica le funzioni sensoriali e motorie implicate nel controllo dell'equilibrio, inoltre fornisce importanti informazioni per la pianificazione del trattamento stesso, allena a massimizzare l'utilizzo degli stimoli vestibolari per il controllo posturale e ottimizza l'allineamento del centro di gravità. Infine, ha come obiettivo l'educazione alle strategie compensatorie dell'equilibrio.<sup>64</sup>

Un programma riabilitativo con la Balance<sup>65</sup> è risultato efficace per pazienti le cui alterazioni sono state adeguatamente identificate, poiché permette di personalizzare il trattamento indirizzandolo ai problemi specifici emersi dalla valutazione. Infatti, l'analisi complessiva, la quale indaga la patologia, le alterazioni sottostanti e le limitazioni funzionali, può fornire informazioni necessarie per un accurato piano di trattamento personalizzato.

L'intervento riabilitativo in sé risulta più appropriato se basato su esercizi di allenamento adattivo sia motori sia sensoriali. Le caratteristiche da ricercare in questo iter fisioterapico sono nella conoscenza approfondita dell'interazione tra meccanismi patologici alterati e i dati ottenuti dalla valutazione oggettiva per la corretta pianificazione degli obiettivi del trattamento, sulla base delle specifiche esigenze del singolo paziente; focalizzandosi ai deficit di integrazione sensoriale, includendo esercizi di soppressione di una sollecitazione o di confronto fra due stimoli.

Il fondamento dal quale nasce l'idea di questa tesi è che un approccio generico per il trattamento dell'equilibrio non sarà efficace come un approccio che individua le specifiche menomazioni sottostanti e agisce sulle stesse per poter recuperare e/o mantenere le abilità. Inoltre, è stato dimostrato<sup>66</sup> che un programma di riabilitazione

---

<sup>64</sup> (2015) "NeuroCom®, SMART Equitest® CDP". Disponibile on-line all'indirizzo: <http://www.natus.com>

<sup>65</sup> Balance Manager® Systems, Clinical Interpretation Guide, Computerized Dynamic Posturography, NeuroCom Means Balance, NeuroCom International.

<sup>66</sup> Shannon C. et al. (2015), "Can sensory attention focused exercise facilitate the utilization of proprioception for improved balance control in PD?", *Gait&Posture* 41, 630-633

sensoriale e focalizzato sull'attenzione, il cui scopo dei diversi compiti è incrementare il feedback sensorio e la consapevolezza del corpo, ha le potenzialità per migliorare i deficit di controllo dell'equilibrio nei soggetti parkinsoniani.

Lo scopo di questo progetto è quello di inserire il paziente in un contesto in cui si manifesti un conflitto sensoriale, al quale egli deve adattarsi e cercare di apprendere le più appropriate strategie al fine di mantenere l'equilibrio.

L'auspicabile apprendimento è supportato dal sistema visivo, il quale interviene per guidare il paziente nel raggiungimento dei target posti all'interno dei singoli esercizi preimpostati nel sistema di EquiTest®.

Certamente la propriocezione fornisce un importante contributo alle normali reazioni posturali provocate da perturbazioni esterne inaspettate e gli alterati processi di feedback propriocettivo nei pazienti con MdP potrebbero influenzare l'abilità nell'adattare correttamente le loro risposte posturali, a seconda delle caratteristiche delle perturbazioni, le quali tendono ad essere sempre uguali.<sup>67</sup>

## **5.2 La selezione del campione**

Il numero complessivo di pazienti valutati è stato pari a 18 soggetti, 6 dei quali sono stati esclusi, poiché non erano rispettati i criteri di selezione. Il campione iniziale di persone coinvolto in questo studio comprendeva 12 pazienti con diagnosi di Malattia di Parkinson o parkinsonismo degenerativo atipico. Sono stati selezionati tra i pazienti degenti alla Fondazione Ospedale "San Camillo" IRCCS del Lido di Venezia. Durante lo studio, tre pazienti hanno dovuto abbandonare il progetto per differenti motivazioni (insorgenza di un problema internistico, anticipate dimissioni, instabilità farmacologica in seguito alla modifica apportata alla terapia in atto).

I gruppi sono stati così formati:

- Gruppo di studio: 5 partecipanti (3 donne e 2 uomini).
- Gruppo di controllo: 4 partecipanti (2 donne e 2 uomini).

Tutti i pazienti hanno eseguito un ciclo di fisioterapia di 12 sedute, in cui la prima e l'ultima sono state dedicate alla valutazione iniziale e finale. Questi soggetti sono stati valutati e trattati in fase "ON", circa 1-2 ore dopo aver assunto la terapia farmacologica.

---

<sup>67</sup> Mark G. Carpenter al. (2011), "Postural control in Parkinson's disease: A proprioceptive problem?", *Experimental Neurology* 227, 26-30.

Tabella 1.A: dati relativi ai pazienti del gruppo di studio.

<b>Paziente</b>	<b>Genere</b>	<b>Età</b>	<b>H&amp;Y</b>	<b>UPDRS valutazione motoria</b>	<b>Anni MdP</b>	<b>Terapia Farmacol.</b>
<b>V.N.</b>	F	66	1,5	6	7	SI
<b>C.F.</b>	M	65	1,5	14	2 (PSP)	SI
<b>M.G.</b>	M	69	3	28	6	SI
<b>B.A.</b>	F	81	3	23	3	SI
<b>M.M.</b>	F	55	2,5	18	4 (MSA)	SI

Tabella 2.A: dati relativi ai pazienti del gruppo di controllo.

<b>Paziente</b>	<b>Genere</b>	<b>Età</b>	<b>H&amp;Y</b>	<b>UPDRS valutazione motoria</b>	<b>Anni MdP</b>	<b>Terapia Farmacol.</b>
<b>D.P.</b>	M	75	3	13	17	SI
<b>P.P.</b>	M	74	4	40	12	SI
<b>N.C.</b>	F	59	2,5	14	7	SI
<b>M.N.</b>	F	71	2,5	34	11	SI

E' stato scelto di inserire anche due pazienti con diagnosi di parkinsonismo alla luce dei fatti della dubbia formulazione diagnostica definitiva nei primi anni di malattia. Inoltre, questi soggetti (C.F., M.M.) presentano un quadro clinico caratteristico dell'instabilità posturale con rigidità e bradicinesia, senza l'interferenza di elementi eclatanti propri delle forme di parkinsonismo atipico.

Nell'intero campione gli obiettivi motori fisioterapici comuni tra i pazienti sono il miglioramento dell'equilibrio statico e dinamico, della deambulazione e delle ADL.

Per quattro di loro (M.G., B.A., P.P., M.N.) inoltre vi è il fine specifico di prevenire il rischio di caduta. Oltre a queste principali finalità, per alcuni di loro si aggiungono come propositi anche quelli di migliorare l'allineamento posturale, i passaggi posturali e i trasferimenti.

### 5.3 Criteri di inclusione e di esclusione

Nell'individuare i pazienti per lo studio sono stati stabiliti i seguenti criteri di inclusione:

- Diagnosi di Malattia di Parkinson e parkinsonismo degenerativo atipico

- Stadiazione MdP con Hoehn&Yahr Modified Scale compresa tra 1.5 e 4
- Alterazioni posturali con associato rischio di caduta
- Disturbi dell'equilibrio
- Capacità di deambulare in autonomia (anche con ausilio)
- Stabilità dal punto di vista farmacologico
- Età compresa tra i 40-85 anni

I criteri di esclusione sono stati:

- Impianto DBS (Deep Brain Stimulation)
- Stato confusionale/demenza/deterioramento cognitivo importante (Mini Mental State Examination < 18-24)
- Presenza di altre patologie neurologiche, cardio-polmonari, respiratorie, condizioni visive, muscoloscheletriche associate che limitano in modo importante la mobilità
- Problemi vestibolari e/o cerebellari
- Ipotensione ortostatica

I criteri di selezione sopracitati sono stati stabiliti sulla base di un numero non cospicuo di soggetti a disposizione e sulle tempistiche limitate per svolgere lo studio. Non sono stati eccessivamente restrittivi, poiché i Ricercatori<sup>68</sup> suggeriscono che un iter riabilitativo volto all'equilibrio dovrebbe essere intrapreso prima che il paziente sviluppi un alto rischio di caduta, mirando alla prevenzione di questo ottimizzando i meccanismi compensatori. La fascia di età è relativamente molto ampia e le caratteristiche cliniche dei pazienti sono molto variegate, non partono tutti dallo stesso livello di compromissione di malattia. Il reclutamento dei pazienti, secondo i criteri stabiliti, è stato effettuato in stretta collaborazione con il medico fisiatra e il fisioterapista di riferimento della struttura. Successivamente sono state somministrate le apposite scale di valutazione, precedentemente selezionate.

I partecipanti sono stati informati in merito allo studio in questione ed è stato fornito un consenso informato al trattamento dei loro dati personali prima di partecipare alla sperimentazione. Inizialmente tutti i soggetti hanno accettato con entusiasmo e grande

---

<sup>68</sup> Capato T. T. et al (2015), "Randomized controlled trial protocol: balance training with rhythmical cues to improve and maintain balance control in Parkinson's disease", BMC Neurology 15:162.

spirito collaborativo la proposta, solo alcuni, inseriti nel gruppo sperimentale, i quali non avevano incontrato nel loro percorso riabilitativo la SBM, hanno espresso scetticismo e diffidenza, trasformatosi poi in interesse e buone aspettative.

## **5.4 Strumenti di verifica**

L'analisi mediante SMART Balance Master e le scale di valutazione sono state somministrate in due momenti dello studio: a inizio trattamento ( $T_0$ ) e al termine delle 10 sedute di trattamento ( $T_1$ ). I dati ricavati dalle valutazioni di ogni singolo paziente sono stati poi analizzati ed elaborati.

### **5.4.1 SOT, LOS e RWS<sup>69</sup>**

Il controllo posturale è stato misurato utilizzando la SMART Equi-Test® System (Neurocom International Inc.) I tre test selezionati per la valutazione iniziale e finale di ciascun paziente sono i seguenti: il Sensory Organization Test (SOT), il Limits of Stability (LOS) e il Rhythmic Weight Shift (RWS). Questi test sono stati selezionati per valutare il controllo posturale globale, statico e dinamico (controllo automatico e volontario), quanto l'influenza delle varie modalità sensoriali adottate. Ai partecipanti è stato permesso un momento di pausa tra una prova e quella successiva per evitare un affaticamento muscolare.

Il *Sensory Organization Test* viene utilizzato per valutare il controllo posturale e l'abilità di integrazione sensoriale delle informazioni visive, vestibolari e propriocettive, all'interno di sei condizioni sistematicamente controllate. Ciascuna condizione consiste di 3 tentativi della durata di 20 secondi, durante i quali le oscillazioni e le strategie posturali vengono misurate. Il risultato generato da queste misurazioni è l'esito dell'equilibrio, cioè la media dei 3 tentativi delle 6 prove in cui vengono manipolate le informazioni sensoriali. Inoltre, quantifica le alterazioni disadattive secondarie relative all'abilità del paziente di selezionare le appropriate strategie di movimento e di allineare con precisione il loro centro di gravità rispetto alla base di supporto. Un elevato punteggio corrisponde ad una valida capacità di mantenere l'equilibrio.

Il *Limits of Stability* è una valutazione del sistema motorio volontario e quantifica l'abilità di spostare intenzionalmente il CoG all'interno dei limiti di stabilità senza compromettere l'equilibrio. Il soggetto esegue il compito mentre osserva nel display posto dinanzi la posizione del proprio CoG, che deve spostare dal centro della base di

---

<sup>69</sup> (2015) "NeuroCom®, SMART Equitest® CDP". Disponibile on-line all'indirizzo: <http://www.natus.com>

supporto ai target posti attorno ad esso, raffiguranti i limiti di stabilità. Per ciascuna delle otto direzioni, vengono calcolati il tempo di reazione, la velocità, la direzione e il controllo direzionale del movimento.

Il *Rhythmic Weight Shift* valuta l'abilità volontaria di muovere il CoG da destra verso sinistra e avanti e indietro tra due target (preimpostato al 50% del LOS calcolato sul paziente), ad una velocità di percorrenza bassa (3 secondi tra un obiettivo e l'altro), moderata (2 secondi) e infine elevata (1 secondo). Durante l'esecuzione di ciascun compito, il soggetto osserva in tempo reale lo spostamento del proprio CoG in relazione al ritmo e all'ampiezza dell'obiettivo. Per ciascun ritmo e direzione, vengono misurati velocità e controllo direzionale del movimento. Questa è un'estimazione di quanto devia il movimento compiuto rispetto alla traiettoria ideale. Questa stima viene indicata in percentuale ed è calcolata per ogni combinazione tra le diverse direzioni e velocità; rappresenta la media dei punteggi ottenuti nei sei diversi tentativi di movimento eseguiti sullo stesso piano. A punteggi più alti corrisponde una maggiore capacità di controllo direzionale.<sup>70</sup>

I partecipanti sono stati istruiti a direzionare il cursore seguendo un sole rappresentato sullo schermo, muovendo il loro bacino (CoG) a sinistra/destra o avanti/indietro, senza spostare i piedi o altre parti del corpo.

#### 5.4.2 Le scale di valutazione<sup>71</sup>

Le scale di valutazione clinica utilizzate sono state le seguenti:

- Unified Parkinson's Disease Rating Scale (UPDRS)
- Berg Balance Scale (BBS)
- MiniBESTest Scale
- Falls Efficacy Scale International (FES-I)

La *Unified Parkinson's Disease Rating Scale* (UPDRS) è la scala più comunemente utilizzata per la valutazione della gravità della patologia di ciascun individuo con MdP.<sup>72</sup>

---

<sup>70</sup> Vervoort G. et al.(2013), "Which aspects of postural control differentiate between patients with Parkinson's disease with and without freezing of gait?", Hindawi Publishing Corporation, Parkinson's disease, Academic Editor: Leland E. Dibble, Volume 2013, Article ID 971480, 8 pages.

<sup>71</sup> Rehabilitation Measures Database. Disponibile on-line all'indirizzo: <http://www.rehabmeasures.org/rehabweb/allmeasures.aspx>.



La UPDRS-III è la sezione che quantifica l'alterazione dei segni motori. Il punteggio varia in un range da 0 a 132, in cui il più alto valore indica una maggiore severità dei deficit motori.

La *Berg Balance Scale* valuta, in primo luogo, la risposte posturali anticipatorie e continue, ma non include la valutazione delle risposte posturali reattive e la stabilità durante la deambulazione; in secondo luogo, le limitazioni nelle attività di vita quotidiana che richiedono equilibrio. Gli elementi vengono valutati da 0 a 4, con 0 che indica il più basso livello di funzionalità. Il massimo punteggio ottenibile è 56. La BBS è stata selezionata poiché si rivela un'accurata analisi nel predire le cadute, inoltre, recentemente è stata raccomandata come strumento per esaminare l'instabilità posturale nei soggetti con MdP a rischio di caduta.<sup>73</sup> Durata di somministrazione 15-20 minuti.

La *Mini-BESTest* è la versione ridotta della BESTest e permette la valutazione dell'equilibrio sia statico sia dinamico, delle risposte posturali anticipatorie e reattive e della stabilità nel cammino, assenti nella BBS. Ha buone proprietà psicometriche, riflette le perturbazioni dell'equilibrio nelle attività di vita quotidiana<sup>74</sup> ed adempibile per l'identificazione dei soggetti parkinsoniani a rischio di caduta. Include il Timed Up & Go, il Push & Release Test e definisce la qualità della deambulazione mentre vi è un cambiamento di velocità, il superamento di ostacoli e la rotazione attorno al proprio asse. Ciascuno dei 14 item della scala è valutato da 0 a 2, con 0 si indica il livello più basso di funzionalità. Il risultato massimo di 28 indica un efficiente controllo dell'equilibrio. Un punteggio < 19 è indice di elevato rischio di caduta.<sup>75</sup> Durata di somministrazione 10-15 minuti.

La *Falls Efficacy Scale International* (FES-I) è un rapido e semplice strumento da somministrare, il cui obiettivo è quello di identificare il livello di preoccupazione riguardo al rischio di caduta durante attività fisiche e/o sociali all'interno e all'esterno della propria abitazione. Le 16 attività richieste sono valutate su una scala ordinale di quattro punti, da 1 ("per niente preoccupato") a 4 ("molto preoccupato"). Può essere considerata un'alternativa alla Activities Balance Confidence Scale (ABC). La FES-I è stata realizzata in collaborazione con i membri della "Prevention of Falls Network

---

<sup>72</sup> Abigail. L. et al. (2011), "Functional Gait Assessment and Balance Evaluation System test: Reliability, Validity, Sensitivity, and Specificity for Identifying Individuals With Parkinson Disease Who Fall", American Physical Therapy Association, vol. 91, n. 1

<sup>73</sup> Duncan R.P. et al. (2015), "Balance differences in people with Parkinson disease with and without freezing of gait", Gait & Posture, Elsevier B. V.

<sup>74</sup> Godi M. et al. (2012), "Comparison of Reliability, Validity, and Responsiveness of the Mini-BESTest and Berg Balance Scale in Patients With Balance Disorders", Physical Therapy, vol. 93, n.2.

<sup>75</sup> Keus SHJ, Munneke M., Graziano M. et al. (2014), "European Physiotherapy Guideline for Parkinson's disease"; KNGF/ParkinsonNET, the Netherlands.

Europe” ([www.profane.eu.org](http://www.profane.eu.org)) focalizzandosi sulla prevenzione delle cadute;<sup>76</sup> permette una migliore comprensione relativa alla paura di cadere nelle attività in casa e fuori casa, perciò fornisce un’informazione essenziale per stabilire e selezionare gli interventi.

## **5.5 Sperimentazione**

Tutti i pazienti hanno eseguito un ciclo di fisioterapia di 12 sedute, della durata ciascuna di 45 minuti; sono stati trattati presso la struttura ospedaliera Fondazione Ospedale “San Camillo” IRCCS (Lido di Venezia) prevalentemente in qualità di degenti, solamente due in regime ambulatoriale. La frequenza delle sedute è stata a giorni contigui (dal Lunedì al Venerdì) per un trattamento della durata complessiva di tre settimane all’incirca per ciascun soggetto.

Una volta eseguita la selezione del campione e fatto firmare loro il consenso informato per il trattamento dei dati personali, i soggetti sono stati assegnati casualmente ai due gruppi.

La prima seduta è stata dedicata alla valutazione, in primo luogo mediante SBM in cui sono stati eseguiti il Sensory Organization Test, il Limits of Stability e il Rhythmic Weight Shift; in un secondo momento, sono state somministrate le diverse scale, nel seguente ordine: Berg Balance Scale, Mini-BESTest e Falls Efficacy Scale-International.

Nei 10 incontri successivi si sono svolti i rispettivi iter riabilitativi con SMART Balance Master e trattamento fisioterapico tradizionale in palestra. I soggetti appartenenti al gruppo di studio sono stati sottoposti ad eseguire un protocollo di esercizi intrinseco al programma della SBM modulato sulla specificità di ogni singolo paziente, sulla base delle principali difficoltà riscontrate alla valutazione iniziale. Questo sistema di trattamento computerizzato fornisce in tempo reale un feedback visivo con l’obiettivo di migliorare ulteriormente l’apprendimento motorio, aiutando il paziente a comprendere al meglio il compito richiesto, e dando prova sia a lui sia al fisioterapista, con riscontro immediato, della qualità della performance. E’ stato possibile creare un programma di trattamento per ciascun paziente, in cui è stato attuabile modificare diversi parametri, tra i quali la successione degli esercizi e la complessità del compito motorio richiesto. Le condizioni adattate e prestabilite per ogni singolo partecipante sono state le seguenti:

- Disposizione dei target da raggiungere;

---

<sup>76</sup> Yardley L. et al. (2005), “Development and initial validation of the Falls Efficacy Scale-International (FES-I), Age and Ageing, 34(6), 614-619.

- Distanza tra i target (%);
- Durata di ogni singolo esercizio (2, 3 o 4 minuti);
- Le condizioni di quiete e/o perturbazione attraverso la scelta di mantenere stabili pedana e parete, di muovere l'una o l'altra o entrambe, le cui sollecitazioni variano a seconda dell'entità degli spostamenti di carico;
- Livello di sensibilità della pedana e delle pareti agli spostamenti di carico (%).

Non tutti i partecipanti sono riusciti a rispondere alla totalità delle esigenze degli esercizi, per la complessità del quadro individuale e la paura di cadere, sebbene il livello di difficoltà iniziale era minimo per poi progredire gradatamente. Tuttavia, i compiti dovevano essere adeguatamente impegnativi per mantenere il paziente motivato. Tra l'esecuzione di un esercizio e quello successivo, è stato inserito un momento di pausa, in cui il paziente veniva liberato dall'imbragatura e fatto sedere per evitare un eccessivo affaticamento.

Durante l'esecuzione di ogni singolo esercizio, il paziente era in condizioni di sicurezza; inoltre, nel caso fosse risultato utile, veniva richiamata l'attenzione sul compito da svolgere, poiché in un paio di pazienti, nel corso della stessa esecuzione, è stata dimenticata o confusa la richiesta dell'azione da compiere. In diverse occasioni, è stato anche necessario correggere manualmente la postura del soggetto mentre eseguiva i vari compiti, poiché alcuni di loro tendevano a compensare il trasferimento di carico tra un arto e il controlaterale, con un'inclinazione e/o rotazione di tronco, alterando l'effettivo risultato visivo riportato sullo schermo.

Nel caso in cui i pazienti avessero perso l'equilibrio, era concesso loro di scendere dalla piattaforma e recuperare la concentrazione. In media è stato possibile eseguire una decina di esercizi a seduta della durata di 2 minuti ciascuno.

Gli esercizi maggiormente proposti sono stati quelli in cui la richiesta prevedeva il raggiungimento di target laterali e/o anteriori; talvolta non è stato possibile completare l'esercitazione in modo soddisfacente. Mentre ogni qualvolta veniva richiesto uno spostamento di carico posteriore emergeva la paura di sbilanciarsi, limitando notevolmente le possibilità di successo.

Man mano che le sedute procedevano, i pazienti mostravano sempre più familiarità con la piattaforma ed erano stimolati a migliorare quotidianamente la propria performance, richiedendo talvolta che fosse aumentato il livello di difficoltà del compito. Al termine di ogni seduta, le traiettorie registrate dalla Balance sono state mostrate al paziente per renderlo consapevole delle difficoltà maggiormente emerse, le quali di volta in volta, diventavano l'obiettivo principale della seduta successiva.

I soggetti appartenenti al gruppo di controllo hanno svolto un programma riabilitativo che prevedeva esercitazioni per il senso di posizione e il senso di movimento, utili ad ottimizzare lo schema corporeo, attraverso i convenzionali sussidi (Balance-Pad, tavolette di legno). L'obiettivo era quello di rievocare una corretta rappresentazione del sé in rapporto al mondo esterno al fine di interagire in modo funzionale e consolidare pattern motori aderenti alle reali esigenze. La capacità di percepire il corpo in ogni fase di movimento con consapevolezza, permetteva al soggetto il riconoscimento dell'errore e la riproduzione corretta del gesto. Parte integrante del lavoro prevedeva l'attivazione di risposte riflesse volte ad una stabilizzazione dinamica sia segmentale sia globale, distraendo il soggetto durante l'esecuzione, per favorire la capacità di produrre risposte non volontarie (parlando, facendo domande, complicando l'esercizio con azioni volontarie come prendere, lanciare). La corretta esecuzione del gesto doveva, inoltre, considerare l'allineamento posturale, evitare i movimenti di compenso dei distretti corporei e l'irrigidimento in co-contrazione.

I vantaggi garantiti dalla SBM non sono possibili nelle metodiche di trattamento tradizionale, poiché, in quest'ultime, vi è un limite più restrittivo sia di movimento, di traiettorie e perturbazioni disponibili; inoltre, non è possibile fornire un feedback visivo della performance che si sta eseguendo, sia nell'immediato sia al termine dell'esecuzione. Pertanto, il paziente ha minor possibilità di prendere coscienza dei propri limiti e di apportare eventuali modifiche nelle esecuzioni successive.

Sono stati selezionati una serie di esercizi in cui venivano avanzate differenti richieste: sperimentare, in posizione seduta, tutti i possibili movimenti dell'articolazione tibio-tarsica, singolarmente, prestando attenzione non solo al contatto del piede con il piano di appoggio, ma anche all'ampiezza e alla direzione del movimento; riconoscimento di superfici poste sotto ai lati di una tavoletta oscillante, in senso antero-posteriore e latero-laterale, posizionata sotto al bacino del paziente, il quale doveva mantenere il tronco verticale sul piano frontale, mentre la tavoletta si inclinava in relazione al trasferimento di carico; sperimentare possibili movimenti del bacino rispetto al tronco e agli arti inferiori su una tavoletta oscillante, mirato alla riorganizzazione del carico sul piano frontale e sagittale; trasferimento di carico su bilance in stazione eretta, disposte parallelamente o in posizione di passo anteriore; riconoscimento di consistenze a livello delle scapole in stazione eretta con oscillazione posteriore, per migliorare la stabilità nello spazio corrispondente; trasferimento di carico in un arto inferiore con svincolo del controlaterale, al quale veniva richiesto di raggiungere target specifici; attività con gli arti superiori (prendere/lanciare una palla) mentre rimaneva in stazione eretta su una

superficie cedevole di forma quadrata; attività di raggiungimento con gli arti superiori con moderato sbilanciamento, rimanendo in stazione eretta sia su una superficie stabile sia instabile.

Alcuni soggetti non sono riusciti ad eseguire tutti gli esercizi, poiché il livello di compromissione della patologia non era uniforme. Anche all'interno del gruppo di controllo, è stata registrata una maggiore difficoltà nei trasferimenti di carico laterale e posteriore. Alcuni di loro hanno manifestato difficoltà a recuperare l'equilibrio in determinate situazioni con elevato rischio di caduta. Anche a loro è stato concesso un momento di pausa tra un esercizio e quello successivo per evitare un affaticamento precoce.

## CAPITOLO 6

### ANALISI DEI DATI

#### 6.1 Valutazione motoria

Di seguito vengono riportati i risultati ottenuti mediante la somministrazione delle scale di valutazione validate: Berg Balance Scale (BBS) e Mini-BESTest. In blu sono indicate le valutazioni effettuate all'inizio del trattamento (T0), mentre in rosso sono riportate le valutazioni al termine del trattamento (T1).

I grafici 1.A e 1.B illustrano i risultati per la Berg Balance Scale rispettivamente nel gruppo di studio e nel gruppo di controllo.

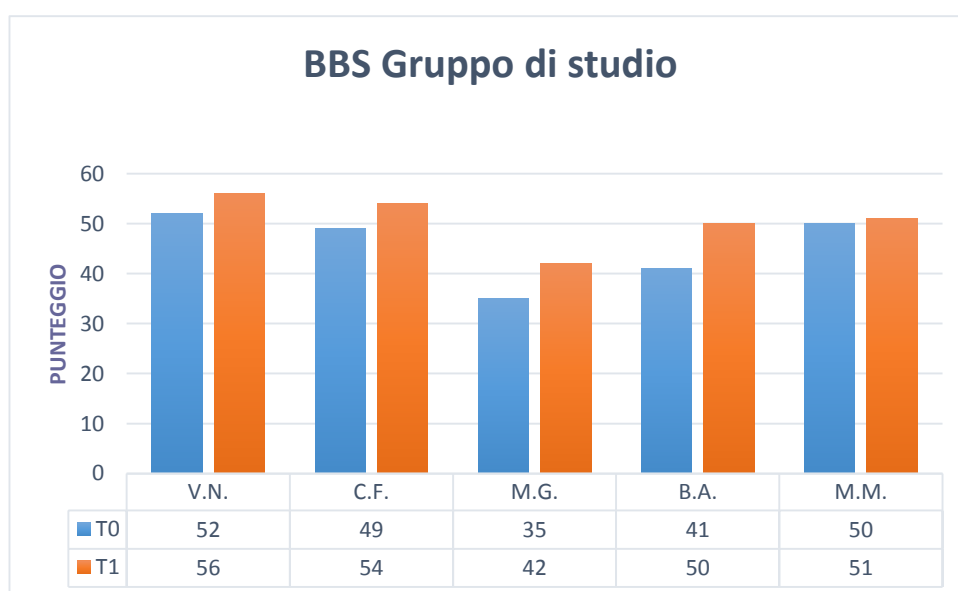


Grafico 1.A

Si può notare che in tutti i pazienti vi è stato un aumento del punteggio alla valutazione in T1 rispetto a quella iniziale, precedente al trattamento. Tenendo in considerazione che il Minimal Detectable Change (MDC) della BBS per i soggetti parkinsoniani è pari a 5 punti, solo in due casi (pazienti V.N. e M.M.) non possiamo affermare che ci sia stato un cambiamento minimo rilevabile. In tutti gli altri si è potuto verificare un miglioramento significativo fino ad un massimo di 9 punti rispetto alla prima valutazione.

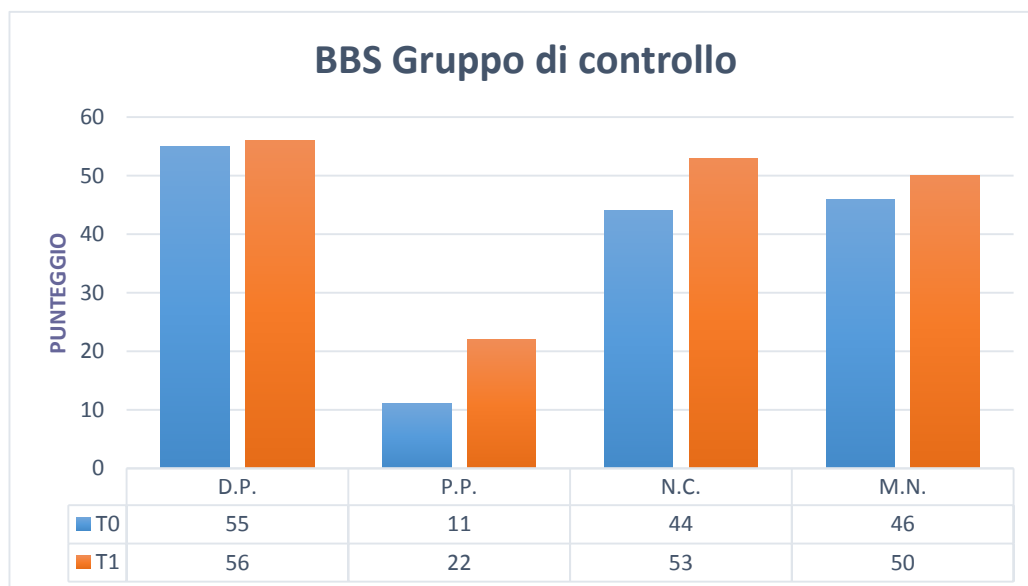


Grafico 1.B

In tutti i casi è stato registrato un cambiamento positivo dall'inizio alla fine del trattamento, solo per due pazienti (P.P. e N.C.) è possibile affermare un miglioramento minimo rilevabile. E' da tenere in considerazione, tuttavia, che per il paziente D.P., il cui punteggio è aumentato di un solo punto, il livello di partenza era già elevato, raggiungendo al termine del trattamento il valore massimo ottenibile in questa scala clinica.

I grafici 2.A e 2.B mostrano i risultati ottenuti in seguito alla somministrazione della scala di valutazione Mini-BESTest. Il risultato riportato ci fornisce un indice predittivo di rischio di caduta (punteggio < 19).

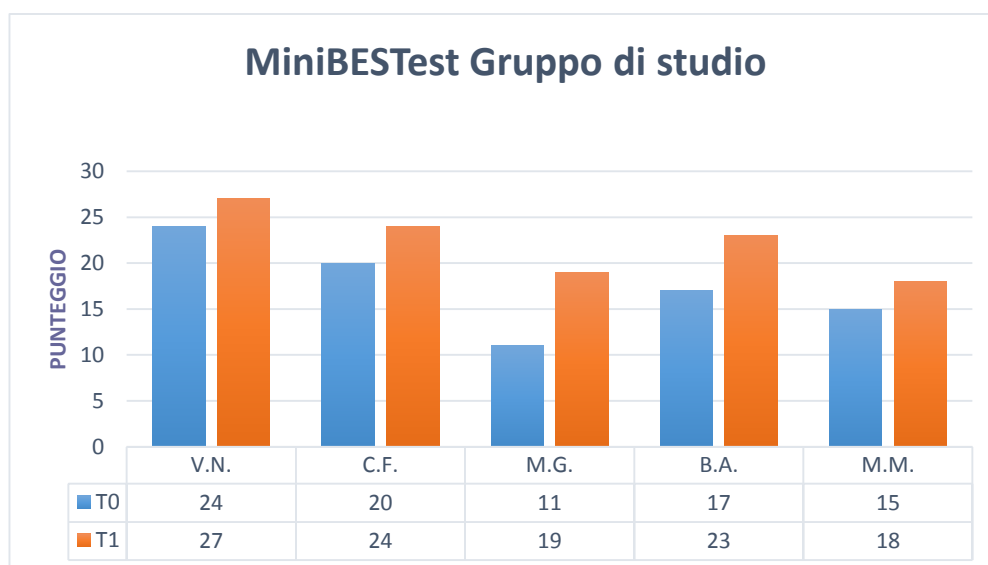


Grafico 2.A

Alla valutazione iniziale tre pazienti risultano a rischio di caduta. A fine trattamento solo uno (M.M.) rimane a rischio, sebbene abbia riportato un miglioramento pari a 3 punti rispetto al T0. E' possibile osservare che dall'inizio del trattamento al suo termine per tutti i pazienti si è registrato un miglioramento. Sapendo che il MDC della MiniBESTest è pari a 5.52 punti (17.1%), solo per due pazienti (C.F. e M.G.) è stato evidenziato un cambiamento minimo rilevabile dall'inizio alla fine del trattamento.

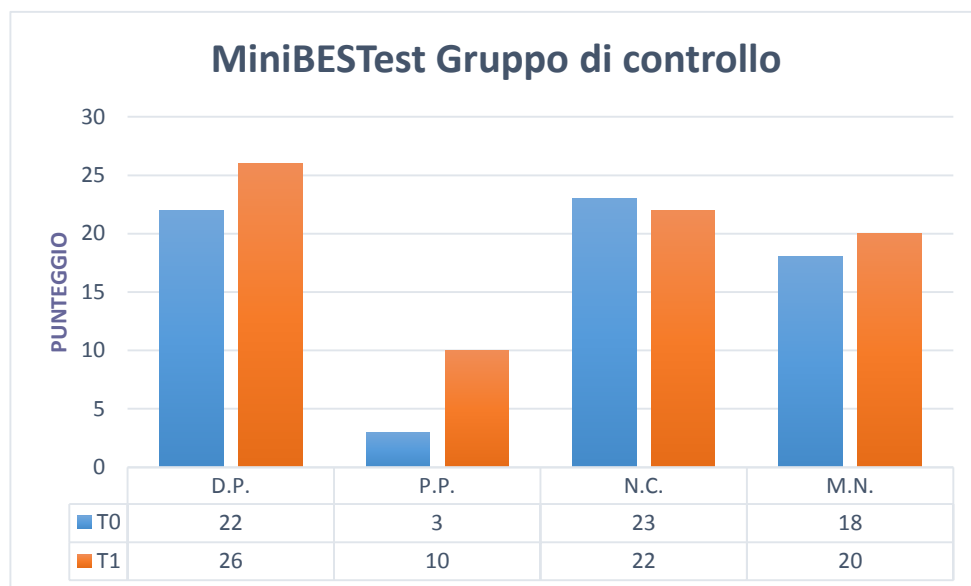


Grafico 2.B

Alla valutazione iniziale un solo paziente presentava alto rischio di caduta. Complessivamente tutti i pazienti, eccetto uno (N.C.), hanno riportato punteggi migliori rispetto alla valutazione iniziale; tuttavia, solo per uno degli appartenenti a questo gruppo (P.P.) è possibile affermare che abbia avuto un miglioramento minimo rilevabile ( $MDC > 5.52$ ), nonostante permanga elevato il rischio di caduta (punteggio=10).

## 6.2 Valutazione della paura di cadere

Di seguito sono riportati i risultati ottenuti dall'analisi della scala di valutazione Falls Efficacy Scale-International (FES-I) relativa alla loro preoccupazione di cadere durante diverse attività dentro e fuori casa, somministrata prima e dopo il trattamento.

I grafici 3.A e 3.B riportano i punteggi rispettivamente del gruppo di studio e del gruppo di controllo.



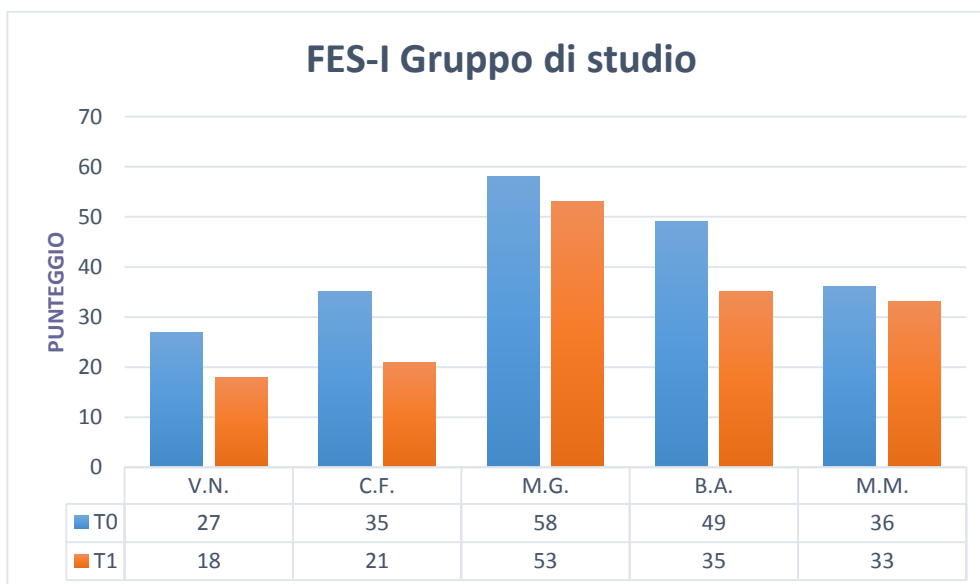


Grafico 3.A.

Per ciascuno dei pazienti è possibile registrare una diminuzione dello score, che corrisponde a una minore preoccupazione e paura di cadere durante le diverse attività funzionali in ambiente domestico e pubblico. Rimane, tuttavia, elevata la preoccupazione in un solo caso (paziente M.G.).

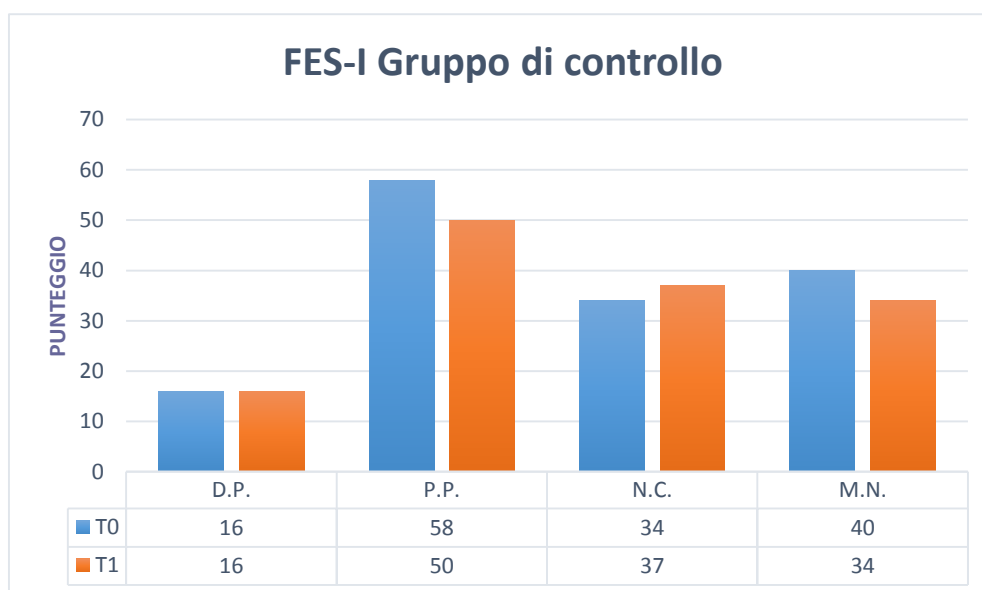


Grafico 3.B

Anche tra i soggetti del gruppo di controllo è possibile verificare una diminuzione del punteggio, tranne in due casi: in uno rimane invariato (D.P.), mentre nell'altro (N.C.) si ha un lieve aumento dello score.

### 6.3 Analisi applicata all'indagine

Il confronto delle variabili demografiche nei due gruppi di trattamento è stato effettuato mediante l'analisi non parametrica a campione indipendenti con i seguenti due test:

- Mann Whitney U-Test (variabili continue), si applica nel caso in cui si chiede di confrontare le medie dei valori di due gruppi che non seguono una distribuzione normale;
- Fisher Test (variabili discrete), è stato utilizzato quest'ultimo poiché il campione riporta un numero inferiore a 8 individui per gruppo, al fine di ottenere una stima migliore delle differenze in frequenza.

Per il calcolo materiale di questi risultati è stato utilizzato un software open source chiamato IBM-SPSS 20.01, che è un ambiente di lavoro specifico per l'analisi statistica. (Vedi Allegato 1)

Sono state individuate una serie di misure di outcome patologiche alla Balance durante la valutazione iniziale, prendendo in considerazione il campione nella sua globalità, indipendentemente dal gruppo di appartenenza dei singoli soggetti. Nei grafici a seguire, è stato riportato il numero di pazienti che hanno eseguito negativamente determinate performance, le quali avrebbero portato ad una perdita di equilibrio con conseguente caduta, laddove la perturbazione fosse giunta in un ambiente non protetto.

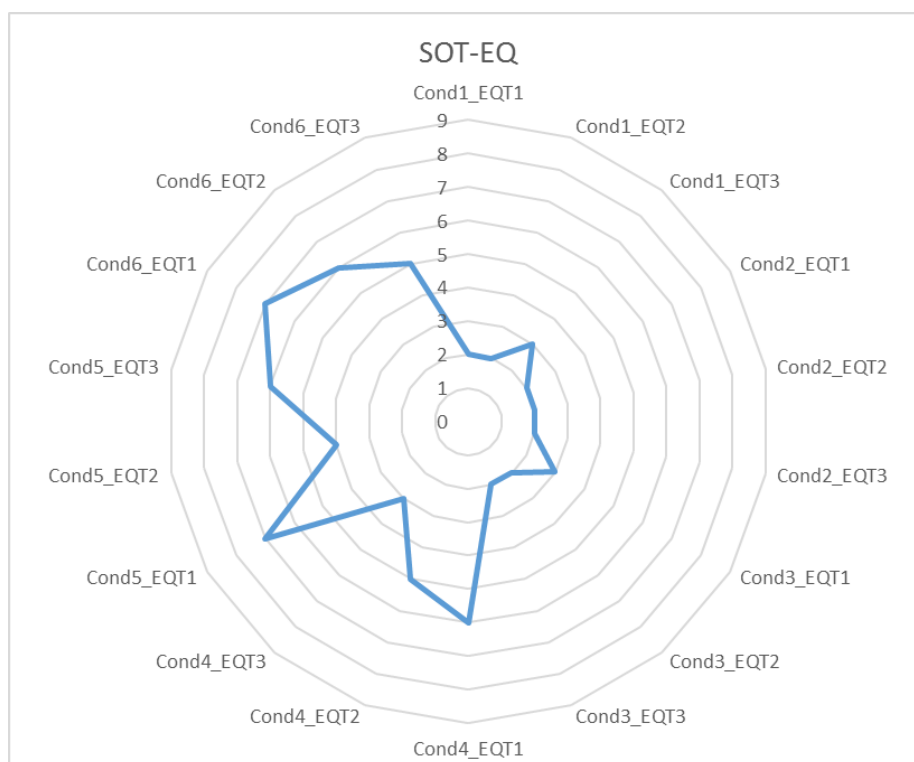


Grafico 4.A

Alla valutazione iniziale con il SOT, le prove considerate patologiche, cioè correlate ad una performance negativa in cui il paziente avrebbe riportato una caduta in ambiente non protetto, sono relative alle seguenti condizioni, riportate nel grafico 4.A:

- Cond4\_EQT1, in cui 6 pazienti su 9 non hanno eseguito in modo soddisfacente l'attività richiesta, la quale prevedeva di mantenere gli occhi aperti in condizioni di perturbazioni derivanti dalle oscillazioni della pedana;
- Cond5\_EQT1/T3, rispettivamente 7 e 6 soggetti hanno avuto una performance negativa, poiché oltre alle oscillazioni della pedana, veniva anche richiesto di mantenere gli occhi chiusi;
- Cond6\_EQT1/T2, rispettivamente 7 e 6 pazienti hanno riportato risultati patologici, in cui ad occhi aperti dovevano rispondere alle perturbazioni derivanti sia dalla pedana sia dalle pareti.

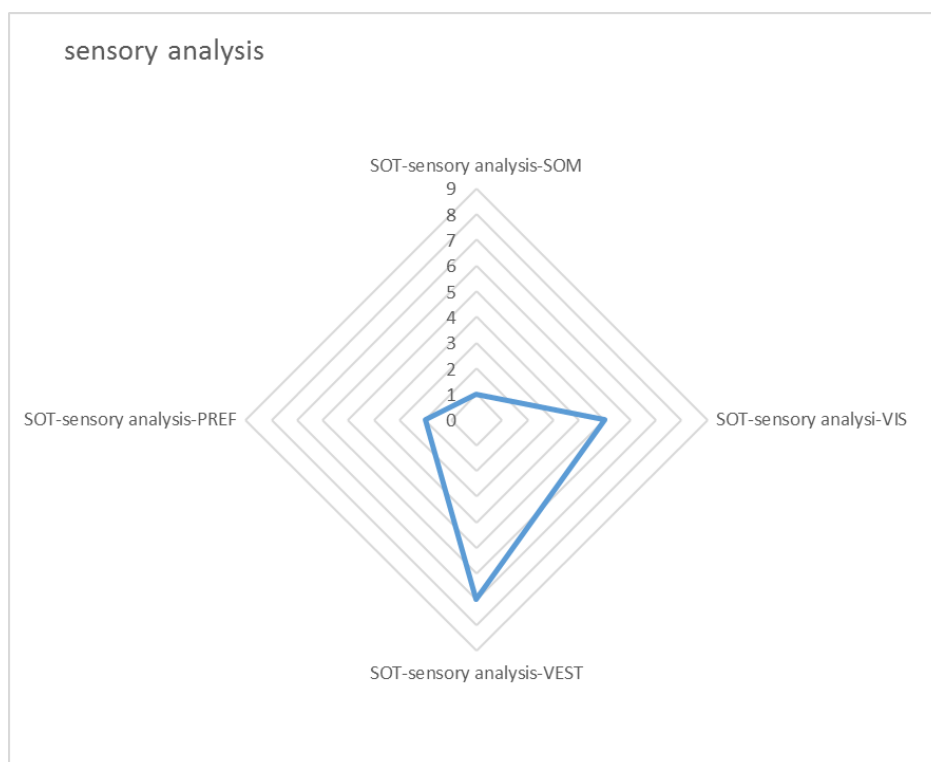


Grafico 4.B

L'analisi sensoriale, intrinseca al SOT, ha riportato i seguenti esiti: 4 pazienti su 9 alla richiesta di utilizzo delle informazioni visive, non ha saputo mantenere l'equilibrio con conseguente performance insufficiente alla richiesta avanzata dalla condizione in atto. Inoltre, all'interno delle sei condizioni prefissate alla valutazione con il SOT, 7 soggetti sono risultati patologici nel momento in cui sono state sollecitate informazioni di origine vestibolare.

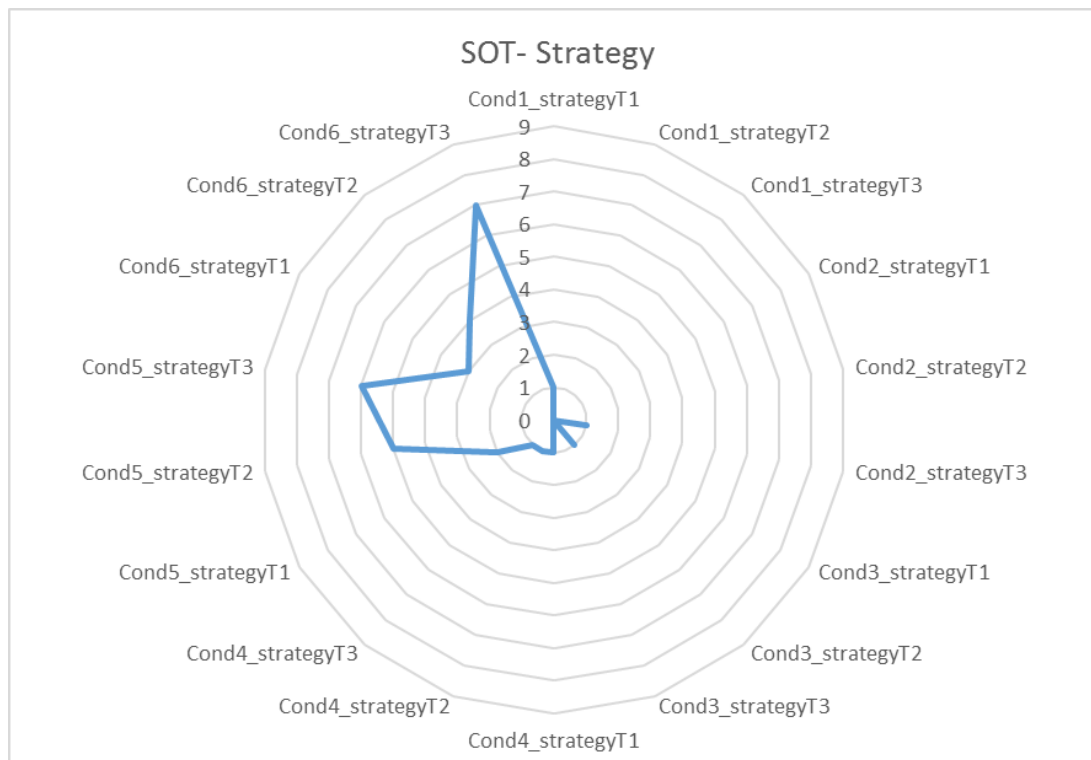


Grafico 4.C

Coerentemente con quanto riscontrato nel primo grafico del SOT, è possibile qui evidenziare che le strategie adottate dai pazienti si sono dimostrate insufficienti e/o patologiche nell'esecuzione relativa alle condizioni 5 e 6. In particolar modo, nella Cond5\_strategyT3 e nella Cond6\_strategyT3, è possibile osservare come sia la strategia di caviglia sia la strategia di anca sono risultate insufficienti per il mantenimento dell'equilibrio durante l'esecuzione della prova. Da non tralasciare, che in entrambi i casi, questa mancata efficienza ed efficacia della strategia è da riscontrare nel terzo tentativo di esecuzione, pertanto da poter attribuire eventualmente ad un ipotetico affaticamento.

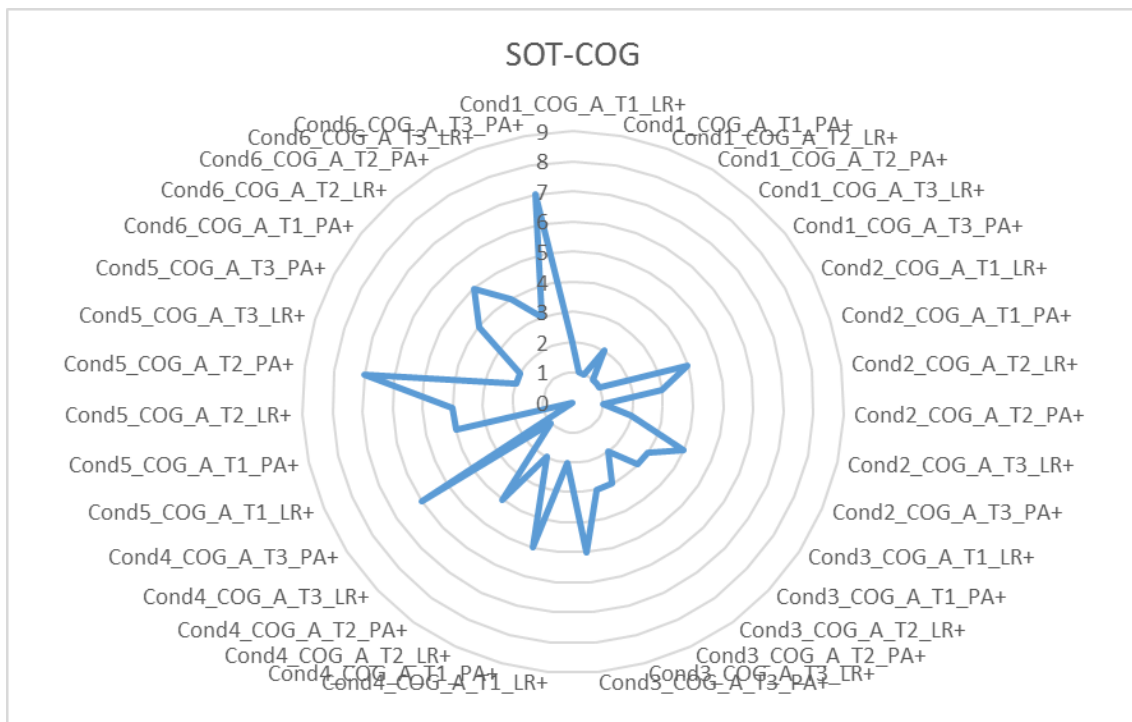


Grafico 4.D

Considerando l'allineamento del CoG, nelle seguenti condizioni, Cond4\_COG\_A\_T3\_PA+, Cond5\_COG\_A\_T2\_PA+ e Cond6\_COG\_A\_T3\_PA+, rispettivamente 6, 7 e 7 pazienti non sono stati in grado di mantenere il baricentro all'interno della base di appoggio durante l'esecuzione della prova. Ancora una volta è possibile evidenziare come le condizioni 4, 5 e 6 abbiano comportato maggiore difficoltà nel mantenimento dell'equilibrio e quindi anche di un corretto allineamento da parte di questi soggetti durante l'esecuzione delle diverse prove.

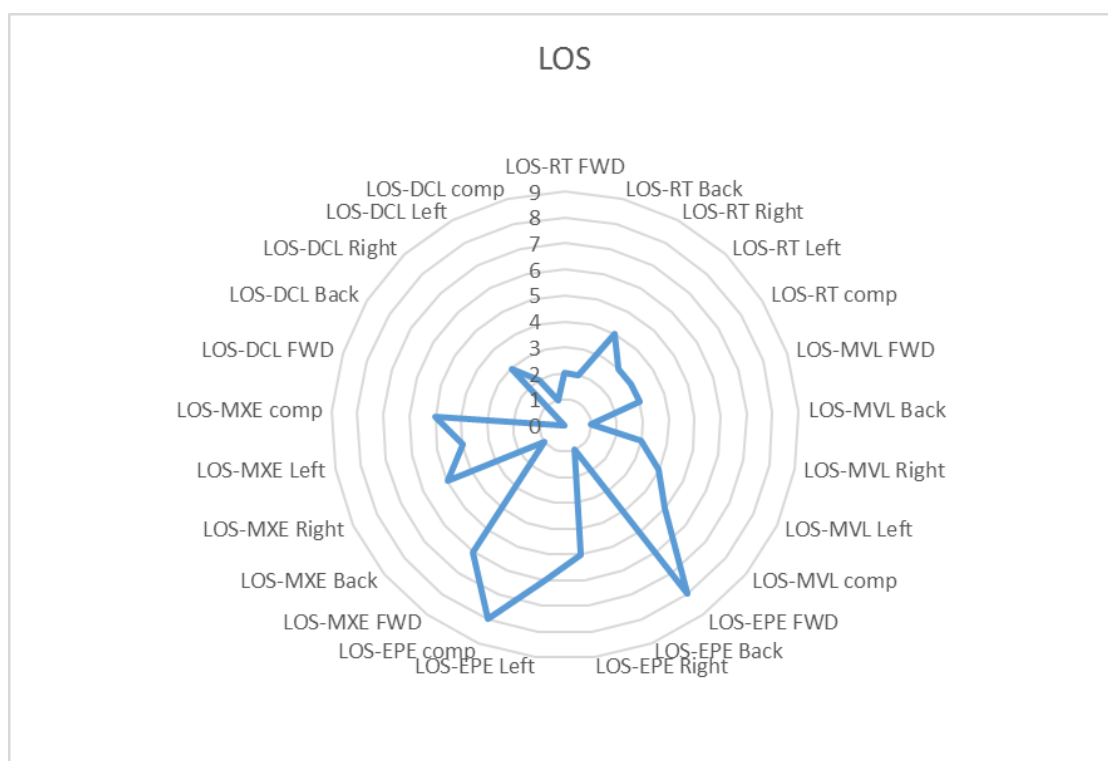


Grafico 5.A

Alla prova baseline del LOS è stato possibile individuare i maggiori limiti di escursione del CoG di ciascun paziente con relativo tempo di reazione, la velocità di movimento, il punto di raggiungimento finale e il controllo direzionale.

Dai dati riportati risulta che 8 soggetti su 9 hanno riscontrato notevole difficoltà con conseguente performance considerata patologica, corrispondente ad un'eventuale caduta in un ambiente non protetto, nel raggiungimento del punto finale posto anteriormente (LOS-EPE FWD) e nel rapporto di comparazione tra questo e la massima escursione teorica (LOS-EPE comp).

Nel raggiungimento del target posto a sinistra dello schermo, 7 pazienti sono risultati patologici, poiché non hanno raggiunto soddisfacentemente l'obiettivo, addirittura è stata registrata una perdita di equilibrio.

Infine, 6 soggetti sarebbero andati incontro ad eventuale caduta, se non sorretti dall'imbragatura, durante l'esecuzione del LOS-MXE FWD, ossia l'escursione massima è risultata insufficiente nel raggiungimento del target posto frontalmente.

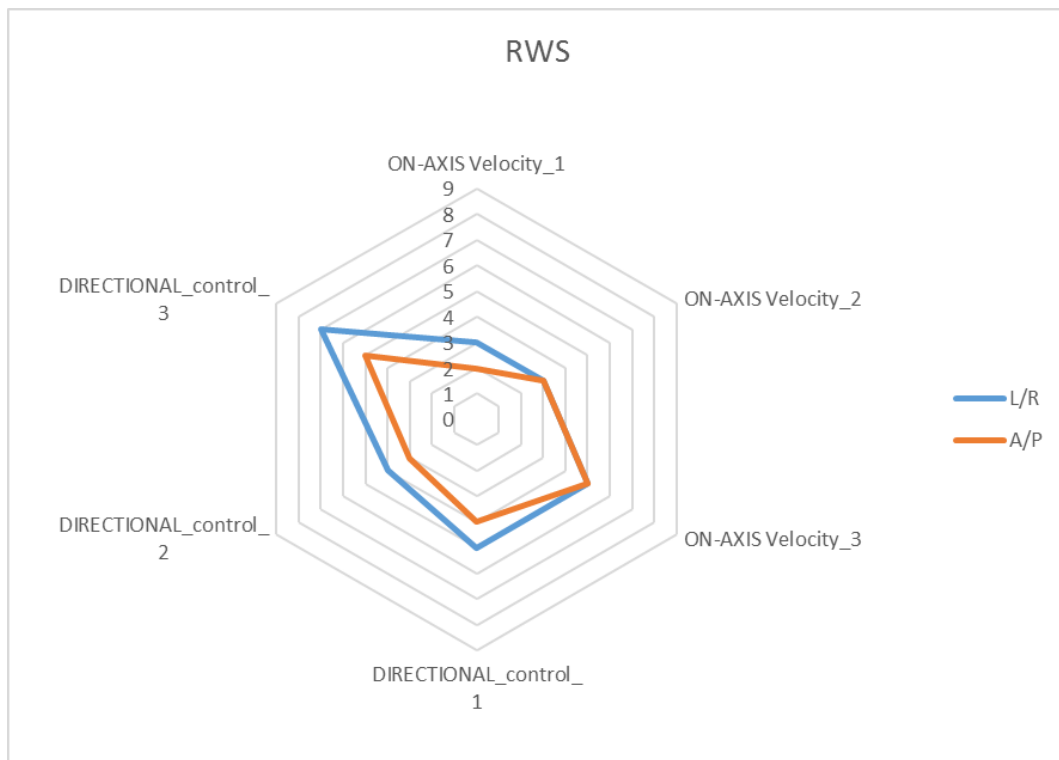


Grafico 6.A

Il grafico 6.A, rappresentativo del sistema di valutazione RWS, ci permette di osservare come il controllo direzionale sia maggiormente patologico allo spostamento del CoG in senso orizzontale (L/R), poiché 7 soggetti su 9 riportano un dato al di sotto dei valori fisiologici. Questo esito negativo è possibile riscontrarlo sia nel primo sia nel terzo tentativo di esecuzione, in cui si evidenzia in maggior misura una performance negativa, con notevole peggioramento nell'ultima prova. Anche per quanto riguarda lo spostamento antero-posteriore, si riscontra una prestazione maggiormente inficiata nel terzo intento, molto probabilmente a causa anche di un affaticamento del paziente. L'alterata velocità di esecuzione appare all'incirca equivalente nelle due prove e nei rispettivi tre tentativi.

Le misure di outcome, considerate patologiche e riportate al termine della valutazione complessiva con la SBM, risultano equi-distribuite nei due gruppi, registrate in almeno 6 su 9 pazienti.

Nei grafici 7.A, 7.B e 8 sono riportati rispettivamente l'analisi della frequenza percentuale dei pazienti rispondenti ai trattamenti nei due gruppi; e il confronto delle percentuali di variazione dalla valutazione pre-trattamento per i due approcci sulla base della SMART Balance Master e delle scale di valutazione (effect size).

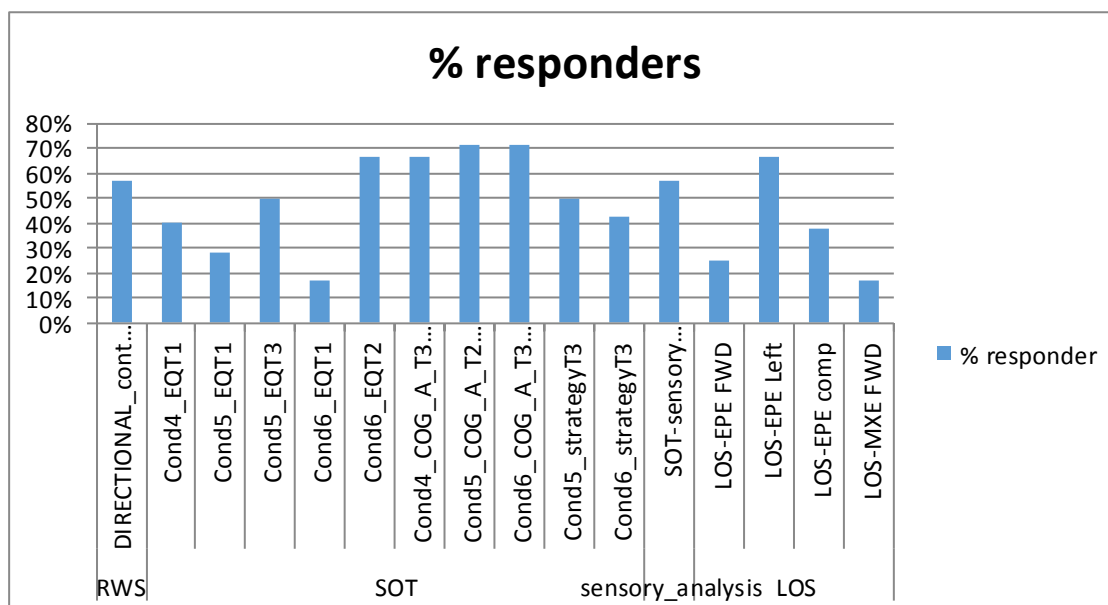


Grafico 7.A

Nel grafico 7.A è stata riportata la variazione in percentuale dell'intero campione: senza porre distinzione tra i due gruppi. Si è voluto osservare in che misura gli outcome, che risultavano patologici alla valutazione iniziale, variavano al termine di entrambi i trattamenti. E' possibile constatare, che nel complesso, vi è stato un aumento in positivo dell'esecuzione delle performance in queste determinate prove, pertanto si è giunti ad un miglioramento delle componenti statiche e/o dinamiche dell'equilibrio di questi soggetti.

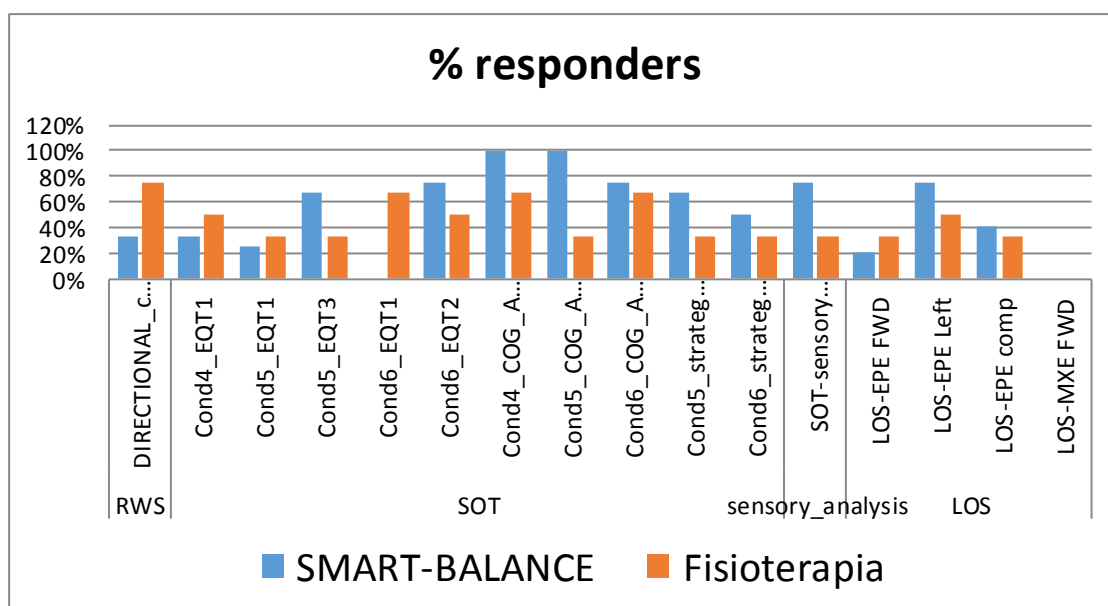


Grafico 7.B



Il presente grafico (7.B), riporta invece le variazioni in percentuale dei medesimi outcome, considerati patologici alla baseline, suddivisi per gruppo di studio e di controllo.

E' possibile osservare come non vi sia un netto miglioramento da attribuire ad uno o all'altro trattamento.

Vi sono alcune prove che hanno riportato un risultato maggiormente positivo grazie alla SMART Balance Master e altri in seguito al trattamento fisioterapico, per cui, non è concesso affermare che una metodica riabilitativa sia più efficiente ed efficace dell'altra sulla base di tali prove.

Inoltre, è da tenere in considerazione, che i soggetti appartenenti al gruppo di studio, potrebbero aver riportato una performance migliore al termine del trattamento, grazie ad un eventuale apprendimento durante le 10 sedute riabilitative precedenti.

Il calcolo dell'effetto riabilitativo, indipendente dalla performance motoria alla baseline, è stato così effettuato: per ciascuna variabile è stata calcolata la variazione percentuale dalla baseline alla valutazione finale (delta percentuale  $d'$ ); successivamente è stata calcolata la media e la deviazione standard (SD) di  $d'$  per ciascun trattamento ed è stata calcolata la deviazione standard media dei due trattamenti. E' stato definito l'effect size (ES) nella seguente modalità:  $ES = [d'_{mean(balance)} - d'_{mean(FSK)}] / SD_{mean}$ , in cui un trattamento con SBM ha un significativo effetto rispetto al trattamento fisioterapico se  $d'_{mean(balance)} > 1SD_{mean} + d'_{mean(FSK)}$ .

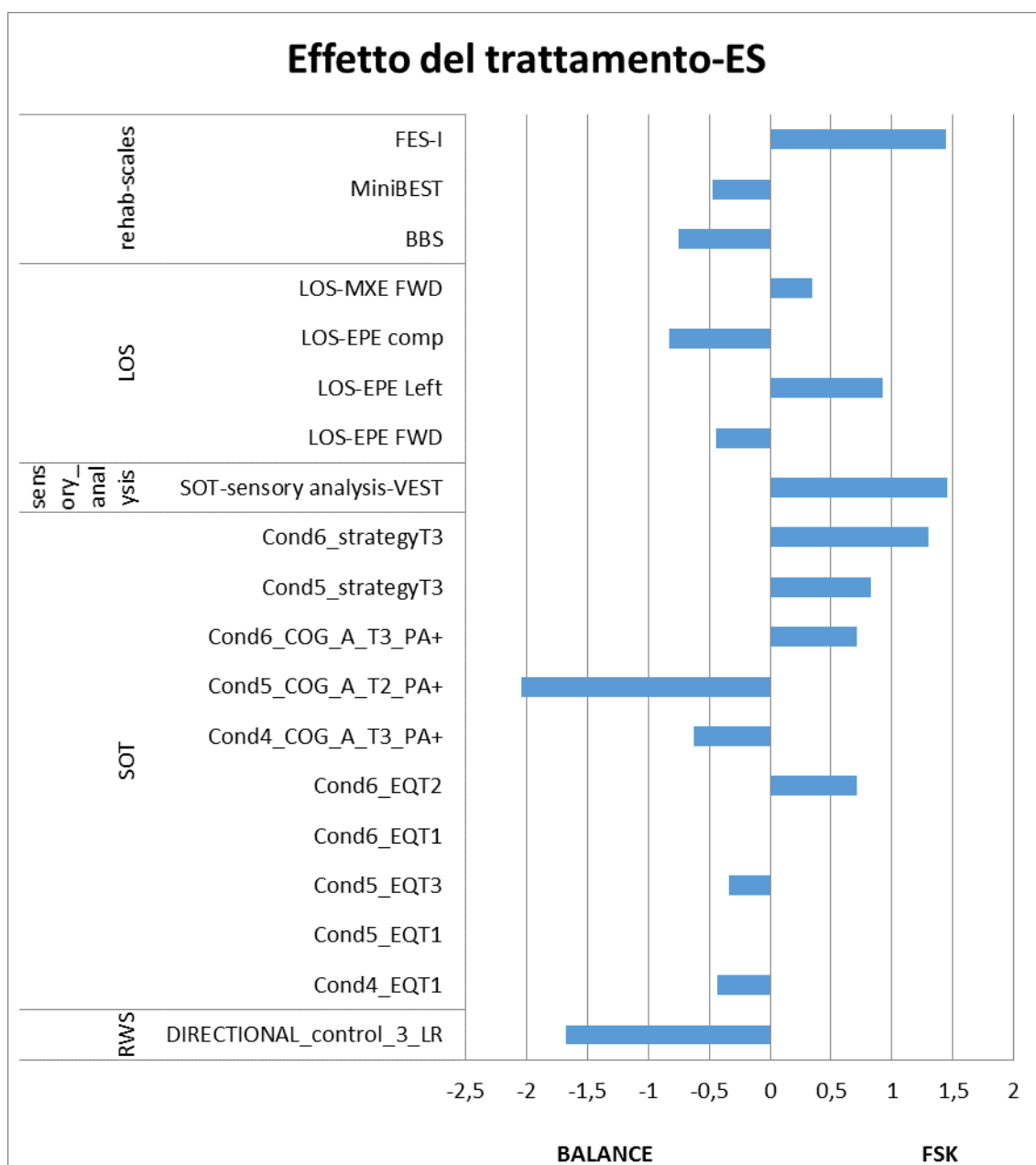


Grafico 8

Nel grafico 8, qui sopra riportato, si osservano i risultati ottenuti dal confronto dell'effetto riabilitativo nei due trattamenti, in cui si considera overlay ( $< -1$  e  $> +1$ ) la zona dove NON è significativa la differenza degli effetti tra i due trattamenti.

Dai risultati ottenuti è possibile affermare come la SBM abbia riportato risultati più soddisfacenti e significativi in relazione alla scale cliniche (BBS e MiniBEST) utilizzate nella valutazione dei pazienti.

Per quanto riguarda i diversi parametri considerati patologici alla baseline dell'intero insieme di pazienti, non è possibile affermare con chiara significatività quale dei due trattamenti abbia riportato gli effetti migliori, poiché alcuni successi sono da attribuire al SBM altri sono da ricondurre al trattamento fisioterapico. L'unico elemento che

riporta una corrispondenza inequivocabile è che tutti i pazienti, i quali in specifiche prove, alla valutazione iniziale, hanno eseguito una performance negativa, considerata patologica per l'eventuale caduta registrata in ambiente non protetto, hanno concretizzato un'esecuzione altrettanto inadatta nel medesimo compito per entrambi i trattamenti.

## DISCUSSIONE

Dall'analisi dei risultati ottenuti possiamo affermare che in entrambi i trattamenti più della metà dei pazienti dopo la conclusione dello studio raggiunge una performance motoria normale laddove risultava patologico alla SMART Balance Master.

In base alla valutazione con la BBS, tutti i pazienti del gruppo di studio sono migliorati nell'esecuzione dei trasferimenti e dell'equilibrio statico e dinamico. Tre pazienti hanno registrato un miglioramento significativo da un punto di vista clinico ( $MDC \geq 5$ ). La medesima condizione è possibile riscontrarla anche per quanto riguarda il gruppo di controllo, poiché tutti i soggetti hanno riportato un punteggio maggiore alla BBS in seguito al trattamento.

Per quanto riguarda i risultati ottenuti dalla somministrazione della scala MiniBEST, nel gruppo di studio si registra un miglioramento per tutti i soggetti, in due addirittura vi è una significatività clinica; nondimeno alla valutazione iniziale tre di loro presentavano un elevato rischio di caduta, ridotto poi ad un solo individuo al termine del trattamento. Nel gruppo di controllo vi è un miglioramento in tutti i pazienti, tranne in un caso in cui si è registrata una performance peggiore; inoltre, l'elevato rischio di caduta che si presentava in uno dei soggetti, persiste al termine delle dieci sedute. Sebbene sia stato registrato un aumento positivo variabile per entrambi i gruppi, dall'analisi statistica emerge che la SBM sembra più efficace nel migliorare l'equilibrio statico del paziente e un trend nelle scale Berg Balance Scale e MiniBESTest.

L'applicazione di questa strumentazione sembra quindi avere un risvolto positivo nel ridimensionare le limitazioni nelle attività di vita quotidiana che richiedono equilibrio, nel favorire l'incremento delle risposte posturali e reattive e nella stabilità della deambulazione, secondo quanto valutato dalle suddette scale cliniche. Al contrario, è manifesto che solo il trattamento fisioterapico tradizionale è in grado di ridurre la paura di cadere, molto probabilmente per il senso di sicurezza che la relazione diretta con la figura del fisioterapista può provvedere, rispetto al relazionarsi con uno strumento e indirettamente con una persona. Non è da trascurare, infatti, la componente psicologica ed emotiva che accompagna questi pazienti, poiché nella maggior parte dei casi si tratta di persone con un'elevata entità di ansia e preoccupazione associata alla loro condizione di malattia. Pertanto, la presenza di una persona, con la quale si instaura una relazione terapeutica e un rapporto di fiducia, permette una modalità più efficace ed efficiente per rassicurare ed imprimere una dose di sicurezza maggiore al paziente.

Inoltre, il trattamento in palestra sembra agire meglio anche nel migliorare considerevolmente l'utilizzo dei feedback propriocettivi e vestibolari in funzione dell'equilibrio. Questo entra in netta contraddizione con l'asserzione riportata precedentemente, secondo la quale si affermava che un sistema di trattamento proprio come la SBM, in cui vi è un continuo richiamo ai sistemi propriocettivo e vestibolare (oltre a quello visivo) potesse essere maggiormente influente sul controllo dei rispettivi deficit, tuttavia non è stato raggiunto l'effetto ipoteticamente atteso nella premessa iniziale.

Per quanto riguarda gli outcome patologici rilevati alla SBM in fase di valutazione iniziale, non vi è la possibilità di affermare con sicurezza che un trattamento sia migliore dell'altro, poiché alcuni parametri sono migliorati tra i soggetti del gruppo di studio e altri tra i pazienti del gruppo di controllo. Appare chiaro un significativo miglioramento per quanto riguarda l'esecuzione del RWS e l'allineamento del CoG nella condizione 5 del SOT, al secondo tentativo, grazie al trattamento con SBM. Mentre risulta maggiormente significativo il miglioramento dell'utilizzo di strategie motorie alla condizione 6 del SOT da parte dei pazienti che sono stati sottoposti a trattamento fisioterapico in palestra con i convenzionali sussidi riabilitativi.

Non è da escludere un miglioramento in alcune singole prove o anche nella valutazione complessiva eseguita con tale strumento, un effetto in maggior misura positivo per l'apprendimento ottenuto dai pazienti che per circa tre settimane si sono interfacciati con il dispositivo in discussione.

Questo adattamento appreso, tuttavia, potrebbe essere considerato funzionale nel qual caso permettesse al paziente di recuperare l'equilibrio in una condizione di perturbazione in un contesto qualunque.

Non è possibile, dunque, con questo disegno sperimentale escludere tale effetto e risalire al reale beneficio del paziente tramite la valutazione con SBM.

Ciò che appare di notevole importanza è che nessun paziente è risultato non-responder in tutte le variabili e le scale, pertanto è positivo che in ciascun individuo si sia verificato un cambiamento, anche se minimo.

Infine, si può affermare che sono stati raggiunti anche gli obiettivi motori fisioterapici prefissati all'inizio del ricovero per ciascun paziente, poiché attraverso o il trattamento con la SBM o il trattamento fisioterapico convenzionale sono stati migliorati l'equilibrio statico e dinamico, l'allineamento posturale, i passaggi posturali, i trasferimenti, i quali nell'insieme hanno portato ad un miglioramento nella deambulazione e nell'autonomia delle ADL, in parte riscontrato con la scala di valutazione FES-I. Attraverso i diversi

item di questo strumento di valutazione è stato possibile registrare una maggiore sicurezza nelle diverse attività in un ambiente interno ed esterno.

## CONCLUSIONI

Questo studio nasce con l'obiettivo di verificare se un programma riabilitativo mediante SMART Balance Master mirato al trattamento dell'equilibrio statico e dinamico potesse ottenere un riscontro maggiormente efficiente rispetto al trattamento fisioterapico convenzionale in pazienti con Malattia di Parkinson.

I risultati ottenuti sono complessivamente positivi: per tutti i pazienti, infatti, si è verificato un miglioramento della performance motoria, sebbene in misure diverse, molto probabilmente le variazioni, che sono differenti sia per quanto riguarda il gruppo di studio e il gruppo di controllo, sia per quanto concerne ogni singolo paziente, è dato da diversi fattori e variabili. Innanzitutto, il livello di compromissione motoria di ciascun paziente, la progressione della malattia, lo stato emotivo-relazionale, che ha notevoli ripercussioni sulla riuscita del trattamento, la consapevolezza della propria condizione di malattia e la motivazione nella riuscita delle proposte di trattamento.

I limiti di questo studio sono costituiti dal campione ristretto su cui è stato possibile eseguire il trattamento; la ridotta standardizzazione del trattamento, poiché le proposte sia con la SBM sia in palestra erano adattate al livello e alle esigenze del paziente. Infine, l'assenza di un follow-up, il quale non è stato possibile eseguire, poiché la maggior parte dei pazienti è stata dimessa nelle settimane successive alla conclusione dello studio, e non è stato previsto un ulteriore ricovero per i prossimi sei mesi.

Un ulteriore dato, che può essere considerato anche e soprattutto come limite, e che può aver contribuito a tali risultati sarà sicuramente causato dal fatto che, a studio concluso è emerso che due dei soggetti appartenenti al gruppo di studio (M.G., B.A.), nel periodo successivo allo svolgersi di tale progetto, sono stati sottoposti ad ulteriore indagine strumentale, poiché è stata segnalata un'incertezza diagnostica con una probabile forma di parkinsonismo. Pertanto, sorge la problematica dell'eterogeneità del campione reclutato, dal momento che i pazienti nei due gruppi non risultano omogenei per patologia e gravità del deficit motorio iniziale.

Il quesito che si è stati costretti a porsi è se i risultati ottenuti siano da attribuire principalmente all'approccio riabilitativo scelto o dalle probabili differenti diagnosi formulate.

Questo potrebbe essere uno spunto di riflessione per ulteriori studi in cui si vada ad indagare gli effetti delle due metodiche riabilitative, mettendo a confronto soggetti con diagnosi di MdP e/o parkinsonismo degenerativo, per quanto queste possano essere considerate certe ed inequivocabili sulla base dei dati clinici e strumentali.

Ciò che rimane di fondamentale importanza e prioritario per questi soggetti è quello di ricercare approcci e metodiche riabilitative il più efficaci possibili, a prescindere dalla specificità della diagnosi, ma sulla base dei loro disturbi, al fine di migliorarne la qualità di vita. Uscendo anche dall'ottica del paziente con Malattia di Parkinson o parkinsonismo, poiché molto spesso i confini tra i diversi quadri clinici non sono ben definiti, concentrandosi sul segno clinico, instabilità posturale, che rimane il nostro principale obiettivo.

Non è possibile, con i dati che abbiamo a disposizione, fare inferenze statistiche.

L'analisi che è stata presentata mostra come i risultati ottenuti non possano rappresentare una significatività assoluta dal punto di vista statistico. Certamente, il numero esiguo di soggetti reclutati, il numero di variabili in gioco e l'incertezza diagnostica emersa a studio concluso, influenzano notevolmente i risultati conclusivi. Tuttavia, possiamo considerare l'associazione di entrambe le metodiche riabilitative, un approccio più globale ed efficace nel trattamento dei disturbi dell'equilibrio, poiché vanno, indipendentemente l'uno dall'altro, ad arginare e contenere le difficoltà e le limitazioni imposte dal quadro patologico che affligge questo gruppo di soggetti.

E' auspicabile che le presenti limitazioni dello studio, che non ci consentono attualmente di andare oltre nello scegliere di eseguire uno dei due trattamenti, possano essere un buon punto di partenza per un eventuale studio pilota futuro.



## BIBLIOGRAFIA

- ❖ Abigail. L. et al. (2011), “Functional Gait Assessment and Balance Evaluation System test: Reliability, Validity, Sensitivity, and Specificity for Identifying Individuals With Parkinson Disease Who Fall”, American Physical Therapy Association, vol. 91, n. 1.
- ❖ Abbruzzese G., “Apprendimento motorio nella Malattia di Parkinson”, Relazioni corsi XXXVIII Congresso nazionale LIMPE.
- ❖ Abbruzzese G., Berardelli A., (2003), “Sensorimotor integration in movement disorders”, Movement Disorders 18, 231-240.
- ❖ Abbruzzese G. et al., “La cura delle sindromi extrapiramidali. Linee Guida Inglesi nella Riabilitazione del Morbo di Parkinson”, CLEUP Editrice, Padova.
- ❖ Balance Manager® Systems, Clinical Interpretation Guide, Computerized Dynamic Posturography, NeuroCom Means Balance, NeuroCom International.
- ❖ Barbieri G. et al (2008), “Does proprioception contribute to the sense of verticality?”, Exp Brain Res; 185(4): 545-52.
- ❖ Bekkers E. M. J. Et al. (2014), “The contribution of proprioceptive information to postural control in elderly and patients with Parkinson’s disease with a history of falls”, Human Neuroscience, vol. 8, 939.
- ❖ Benatru I. et al. (2008), “Postural disorders in Parkinson’s disease”, ScienceDirect, Clinical Neurophysiology 38, 459-465.
- ❖ Capato T. T. et al (2015), “Randomized controlled trial protocol: balance training with rhythmical cues to improve and maintain balance control in Parkinson’s disease”, BMC Neurology 15:162.
- ❖ Doherty K. Et al. (2011), “Postural deformities in Parkinson’s disease”, Lancet neurology, vol 10, pag.538-49.
- ❖ Duncan R.P. et al. (2015), “Balance differences in people with Parkinson disease with and without freezing of gait”, Gait & Posture, Elsevier B. V.
- ❖ Francesconi K., Gandini G. (2015), “Sistema tonico posturale”, “L’intelligenza nel movimento. Percezione, propriocezione, controllo posturale.”, Edi-ermes, Milano, pag. 105-160.
- ❖ Godi M. et al. (2012), “Comparison of Reliability, Validity, and Responsiveness of the Mini-BESTest and Beg Balance Scale in Patients With Balance Disorders”, Physical Therapy, vol. 93, n.2.

- ❖ Horak F.B. (2006), “Postural orientation and equilibrium: what do we need to know about neural control of balance to prevent falls?”, *Age and Ageing*; 35-s2.
- ❖ Karen M Doherty et al., (2013), “Pisa syndrome in Parkinson’s disease: a mobile or fixed deformity?”, *Movement disorders*, 84: 1400-1403.
- ❖ Keus SHJ, Munneke M., Graziano M. et al. (2014), “European Physiotherapy Guideline for Parkinson’s disease”; KNGF/ParkinsonNET, the Netherlands.
- ❖ Kim S.D. et al. (2013), “Postural instability in Patients with Parkinson’s Disease. Epidemiology, Pathophysiology and Management.”, Review Article, *CNS Drugs* 27:97-112.
- ❖ Kisner C., Colby L. A. (2014), “Esercizi per l’equilibrio”, “Esercizio terapeutico. Fondamenti e tecniche.”, Piccin, III edizione italiana, Padova, pag. 296-328.
- ❖ Klamroth S. et al. (2016), “Effects of Exercise Therapy on Postural Instability in Parkinson Disease: A Meta-analysis”, *Systematic Reviews*, JNPT, Volume 40, January 2016.
- ❖ Konczak J. et al. (2009), “Proprioception and Motor Control in Parkinson’s Disease”, *Journal of Motor Behavior*, Vol. 41, n. 6.
- ❖ Linee Guida, “Introduzione ai quesiti diagnostici”, *Diagnosi e terapia della Malattia di Parkinson*, Revisione dell’agosto 2013, pag. 24-27.
- ❖ Linee Guida, “Introduzione ai quesiti della riabilitazione”, *Diagnosi e terapia della Malattia di Parkinson*, Revisione dell’agosto 2013, pag. 158-159.
- ❖ Lorraine V Kalia, Anthony E Lang, “Parkinson’s disease”, *Lancet* 2015; 386: 896-912.
- ❖ Mark G. Carpenter al. (2011), “Postural control in Parkinson’s disease: A proprioceptive problem?”, *Experimental Neurology* 227, 26-30.
- ❖ Niamh A. et al. (2014), “Successful balance training is associated with improved multisensory function in fall-prone older adults”, *Computers in Human Behavior*, 192-203.
- ❖ Okada Y., Shibata T. (2014), “Rehabilitation for postural deformities in Parkinson’s disease: an update and novel findings”, *Journal of novel physiotherapist*, vol. 4:233.
- ❖ Pattamon P. et al. (2015), “Visual deprivation elicits subclinical postural inflexibilities in early Parkinson’s disease”, *Journal of the Neurological Sciences* 349, 214-219.
- ❖ Pazzaglia P. (2008), “Le malattie del sistema extrapiramidale e altri disturbi del movimento”, *Clinica neurologica*, Società editrice Esculapio, capitolo 21, pag. 407-411.

- ❖ Pelosin E. (2011), “Nuovi approcci ai disturbi assiali”, Relazioni corsi XXXVIII Congresso nazionale LIMPE.
- ❖ Poewe W. (2009), “Clinical measures of progression in Parkinson’s disease”, Movement Disorders; 24(Suppl 2):S671-S676.
- ❖ “Postura, equilibrio e rischio di caduta: intervenire per non lasciarsi fermare dalla paura.”, Giornata Parkinson 2012. Conoscere ci avvicina, DISMOV-SIN e LIMPE.
- ❖ Rinalduzzi S. et al. (2015), “Balance Dysfunction in Parkinson’s Disease”, BioMed Research International, vol. 2015, Review Article 434683.
- ❖ Royal Dutch Society for Physical Therapy (2004), “Parkinson’s disease”, KNGF Guidelines, vol. 114.
- ❖ Shannon C. et al. (2015), “Can sensory attention focused exercise facilitate the utilization of proprioception for improved balance control in PD?”, Gait&Posture 41, 630-633.
- ❖ Vaugoyeau M. et al (2009), “Role of sensory information in the control of postural orientation in Parkinson’s disease”, Journal of the Neurological Sciences 289, 66-68.
- ❖ Vaugoyeau M. et al. (2011), “Proprioceptive impairment and postural orientation control in Parkinson’s disease”, Human Movement Science 30, 405-414.
- ❖ Vervoort G. et al. (2013), “Which aspects of postural control differentiate between patients with Parkinson’s disease with and without freezing of gait?”, Hindawi Publishing Corporation, Parkinson’s disease, Academic Editor: Leland E. Dibble, Volume 2013, Article ID 971480, 8 pages.
- ❖ Yardley L. et al. (2005), “Development and initial validation of the Falls Efficacy Scale-International (FES-I), Age and Ageing, 34(6), 614-619.
- ❖ Zibetti M. (2011), “Malattia di Parkinson e parkinsonismi”. In Mutani R., Lopiano L., (2011), “Il Bergamini di neurologia”, edizioni libreria cortina, Torino, pag 531-547.

#### **SITOGRAFIA:**

[www.epda.eu.com](http://www.epda.eu.com)

[http://www.accademialimpedismov.it/index.php?option=com\\_content&view=article&id=162&Itemid=60](http://www.accademialimpedismov.it/index.php?option=com_content&view=article&id=162&Itemid=60)

<http://www.parkinson.it/morbo-di-parkinson.html>

[http://www.pdf.org/en/understanding\\_pd](http://www.pdf.org/en/understanding_pd)

[http://www.natus.com/index.cfm?page=products\\_balance\\_mobility&crid=268](http://www.natus.com/index.cfm?page=products_balance_mobility&crid=268)

<http://www.rehabmeasures.org/rehabweb/allmeasures.aspx>

Allegato 1.

	Trattamento fisioterapico(4 pts.)					Trattamento-Balance (5 pts.)					Mann Whitney U test
	Mean	SD	Median	Minimum	Maximum	Mean	SD	Median	Minimum	Maximum	P-value
Gender M/F	2/2					3/2					0,999*
Age	69,250	7,1356	71,500	59,000	75,000	68,800	9,7570	69,000	55,000	81,000	0,905
Age of onset syntoms	57,500	5,2599	59,000	50,000	62,000	64,400	9,6850	63,000	51,000	78,000	0,111
Disease Dur ation	11,500	3,7859	10,000	9,000	17,000	4,200	2,3875	4,000	1,000	7,000	<b>0,016</b>
DAED	186,250	66,0019	200,000	105,000	240,000	195,000	21,2132	195,000	180,000	210,000	0,999
LEDD	1143,603	865,3688	843,955	502,500	2384,000	605,000	116,2970	625,000	480,000	710,000	0,629
STAI-Y1	39,500	16,3605	32,000	30,000	64,000	37,750	8,9954	37,500	27,000	49,000	0,886
STAI-Y2	38,500	15,4596	40,500	21,000	52,000	51,750	5,5000	50,500	47,000	59,000	0,343
UPDRS III	26,500	15,6738	24,000	13,000	45,000	17,800	8,4380	18,000	6,000	28,000	0,556
MoCA_c	24,750	3,9476	26,000	19,000	28,000	23,000	3,8730	22,000	19,000	28,000	0,730
MMSE_c	24,667	0,6429	24,400	24,200	25,400	24,475	1,3696	24,450	23,000	26,000	0,857
PDQ 8	4,250	4,9917	3,000	0,000	11,000	17,250	5,7373	19,000	9,000	22,000	<b>0,057</b>
BDI	11,500	6,8557	13,500	2,000	17,000	19,500	4,9329	19,000	14,000	26,000	0,114
IADL	5,250	2,5000	5,500	2,000	8,000	4,800	2,2804	5,000	1,000	7,000	0,730

## **RINGRAZIAMENTI**

*Grazie alla mia Relatrice, la dott.ssa Riso Tiziana per la professionalità, l'infinita disponibilità e pazienza, l'incoraggiamento e per l'entusiasmo con cui mi ha appoggiata nei momenti di difficoltà durante lo sviluppo di questo mio progetto.*

*Grazie alle mie correlatrici, Silvia Zangarini e Simonetta Rossi, per aver accettato di accompagnarmi in questa esperienza di crescita formativa, ma anche personale.*

*Grazie a tutti i pazienti che hanno accettato di partecipare a questo disegno sperimentale, perché senza la loro disponibilità e adesione tutto questo non sarebbe stato possibile.*

*Grazie al dott. Marcante e al dott. Weis per avermi aiutata nell'elaborazione dei dati raccolti in questa indagine.*

*Grazie ad Alessandro per i preziosi consigli pratici nella redazione di questa tesi.*

*Grazie ai miei genitori e a mia sorella Alessandra per avermi sempre appoggiata nelle mie scelte.*

*Grazie a Pietro Matteo per avermi sempre supportata e sopportata in questi tre anni di studio.*

*Grazie a tutti gli amici della compagnia per i bei momenti passati insieme, cercando di allontanare la preoccupazione prima di ogni esame, assicurandomi.*

*Grazie a Vanessa per aver sempre creduto in me.*

*Grazie ai miei compagni di Università, soprattutto Nico, Albi, Righe ed Emanuele per aver condiviso insieme momenti di ansia, difficoltà, risate e soddisfazioni.*

*Infine, grazie a tutti gli insegnanti e tutor per aver condiviso con me parte della loro esperienza e per la passione che mi hanno trasmesso.*